

Treball de Fi de Grau

Enginyeria en Tecnologies Industrials

Desenvolupament d'una eina de suport a la presa de decisions per a l'assignatura d'Organització i Gestió

MEMÒRIA

Autor: Joan Sisquella Andrés
Directors: Manel Mateo Doll
Lluís Solano Albajes
Convocatòria: Juny 2017



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

L'objectiu d'aquest projecte és desenvolupar una aplicació informàtica per a la realització d'un treball per grups a l'assignatura d'Organització i Gestió, amb l'objectiu que l'estudiant posi en pràctica els seus coneixements amb una metodologia innovadora i participativa.

En la primera meitat del document es defineixen i s'expliquen breument els conceptes d'organització i d'informàtica que han estat necessaris per realitzar l'aplicació informàtica. També s'expliquen altres projectes similars, l'esperit dels quals, la innovació en els mètodes de docència, ha servit d'inspiració i motivació durant el desenvolupament del treball.

En la segona part de la memòria s'explica el projecte en sí: la programació que ha estat necessària per crear la pàgina web, el funcionament dels programes de càlcul i les pautes que hauran de seguir els futurs estudiants per realitzar el treball. A més a més, al final de la memòria es calculen els costos econòmics i l'impacte ambiental que aquest projecte ha portat associat.

L'aplicació s'ha desenvolupat fins a un cert punt, en projectes posteriors caldrà fer més parts per tal de fer una aplicació informàtica completa que permeti l'avaluació de tot el temari amb l'objectiu de poder posar en marxa la web en un futur proper.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	2
1. PREFACI	7
1.1. Origen del projecte	7
1.2. Motivació	7
1.3. Requeriments previs	7
2. INTRODUCCIÓ	9
3. L'ASSIGNATURA D'ORGANITZACIÓ I GESTIÓ	10
3.1. Introducció a l'assignatura	10
3.2. Estructura de l'assignatura	11
3.3. Temari de l'assignatura	12
3.4. Eines docents	14
4. SELECCIÓ DEL TIPUS DE TREBALL I APLICACIÓ	15
4.1. Tipus de treball	15
4.2. Funcionalitats de l'aplicació	16
5. ESTUDI D'ALTRES EINES SIMILARS	18
5.1. Disseny i implementació d'un cas pràctic d'introducció a l'estadística basat en la presa de decisions realistes sobre dades simulades. (PRESTON)...	18
5.2. Aprenentatge actiu dels sistemes d'informació	19
5.3. Punts a considerar en aquest treball	20
6. SELECCIÓ DEL TEMARI A AVALUAR	21
7. CONEIXEMENTS TEÒRICS A L'APLICACIÓ	24
7.1. Base teòrica d'Organització i Gestió	24
7.1.1. Gestió d'estocs en context determinista	24
7.1.2. Rebaixes uniformes	26
7.1.3. Exemple d'exercici de gestió d'estocs	27
7.1.4. MRP (<i>Material Requirements Planning</i>)	29
7.1.5. Exemple d'aplicació d'exercici MRP	30
7.2. Base teòrica d'Informàtica	33
7.2.1. Python.....	33
7.2.2. HyperText Markup Language (HTML5)	34

7.2.3.	Cascading Stylesheets (CSS)	34
7.2.4.	JavaScript	35
7.2.5.	Flask	36
8.	DISSENY DE L'APLICACIÓ	37
8.1.	Interfície.....	37
8.1.1.	Pàgina amb l'enunciat de l'exercici.....	37
8.1.2.	Pàgina de notificació de resultats	38
8.1.3.	Pàgina d'entrada.....	39
8.1.4.	Llenguatge de programació utilitzat	39
8.2.	Programes a implementar.....	39
8.3.	Servidor	40
9.	FUNCIONAMENT DE L'APLICACIÓ	41
9.1.	Estructura general de funcionament.....	41
9.2.	Estructura de la web	42
9.3.	Implementació de la pàgina web	43
10.	PROGRAMES	45
10.1.	Programes de càlcul	45
10.1.1.	Programa resolució gestió d'estocs.....	45
10.1.2.	Programa resolució MRP.....	47
10.2.	Programes de correcció	51
10.2.1.	Programa de correcció per a la gestió d'estocs.....	51
10.2.2.	Programa de correcció de l'MRP	52
11.	TREBALL PRÀCTIC	54
11.1.	Pautes del treball	54
11.2.	Enunciats proposats.....	55
11.2.1.	Gestió d'estocs	55
11.2.2.	MRP.....	56
11.2.3.	Generació de valors per a cada permutació.....	58
11.2.4.	Notificació dels resultats als estudiants i als professors	58
12.	PLANIFICACIÓ I COSTOS	59
12.1.	Cronologia del projecte	59
12.2.	Costos del projecte	60
12.2.1.	Registre del domini web.....	60
12.2.2.	Cost energètic de la creació de la web	60
12.2.3.	Cost del capital humà	60
12.2.4.	Altres costos	61

12.2.5. Cost final del projecte	62
13. IMPACTE AMBIENTAL	63
14. CONCLUSIONS I LÍNIES FUTURES	64
AGRAÏMENTS	66
BIBLIOGRAFIA	67
Referències bibliogràfiques.....	67
Bibliografia complementària.....	68

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 3.1 Pla d'estudis Grau en Tecnologies Industrials	10
Figura 5.1 Pantalla d'adquisició de dades del Preston	19
Figura 6.1 Esquema direcció d'operacions (font: Diapositives de l'assignatura [8])	21
Figura 7.1 Esquema llista de materials del producte P	30
Figura 7.2 Exemple HTML	34
Figura 7.3 Exemple CSS.....	35
Figura 7.4 Exemple JavaScript	36
Figura 8.1 Exemple pàgina exercici	38
Figura 8.2 Exemple pàgina notificació de resultats.....	38
Figura 9.1 Esquema d'estructura del funcionament de l'aplicació	41
Figura 9.2 Estructura de la web i moviments entre les 5 pantalles	42
Figura 10.1 Programa de càlcul per a la gestió d'estocs	46
Figura 10.2. Programa de càlcul de l'MRP	50
Figura 10.3 Programa de correcció de l'exercici per a gestió d'estocs	52
Figura 10.4 Programa de correcció de l'exercici de l'MRP	53
Figura 12.1 Diagrama de Gantt de les fases del projecte.....	59

ÍNDEX DE TAULES

Taula 3.1 Programació de l'assignatura quadrimestre 2, curs16-17.....	13
Taula 3.2 Problemes tractats a l'assignatura	14
Taula 6.1 Comparació EOQ amb MRP (Font: Organización de la producción II Dirección de operaciones 2. [18])	23
Taula 7.1 Cost d'adquisició en funció de la mida de la comanda	26

Taula 7.2. Paràmetres dels articles involucrats en l'exemple MRP	30
Taula 7.3. Demanda del producte P en l'exemple MRP	31
Taula 7.4. Graella d'MRP del producte P (exemple MRP).....	31
Taula 7.5. Graella d'MRP del semielaborat PA (exemple MRP).....	32
Taula 7.6. Graella d'MRP del semielaborat PB (exemple MRP).....	32
Taula 7.7. Graella d'MRP de la matèria prima MP (exemple MRP).....	32
Taula 10.1. Llista de materials. Exemple MRP	47
Taula 10.2. Demanda exterior. Exemple MRP.....	48
Taula 10.3. Situació de l'inventari. Exemple MRP	48
Taula 10.4. Comandes pendents de rebre o fabricar. Exemple MRP	48
Taula 10.5. Temps unitari de fabricació. Exemple MRP	49
Taula 11.1. Paràmetres exercici Planificació de Necessitats.....	56
Taula 11.2. Comandes exercici Planificació de Necessitats	56
Taula 11.3. Unitats pendent de rebre exercici Planificació de Necessitats.....	57
Taula 11.4. Taula per introduir respostes.	57
Taula 12.1. Càlculs cost de l'energia	60
Taula 12.2. Taula resum del cost de recursos humans	61
Taula 12.3. Taula resum del cost del projecte	62
Taula 13.1. Càlculs emissions de CO ₂	63

1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

En l'assignatura d'Organització i Gestió, com en les altres assignatures de la carrera, les activitats d'avaluació són molt genèriques ja que s'utilitzen mitjans tradicionals on prima el treball individual.

Després de cursar l'assignatura, estava interessat en realitzar el Treball de Fi de Grau amb una temàtica de l'assignatura. Llavors, el doctor Manel Mateo va proposar l'aportació de canvis cap a formats digitals en les activitats de l'assignatura.

1.2. Motivació

Durant el transcurs del Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials s'estudien una gran diversitat de matèries de molts àmbits diferents del sector tecnològic. Aquest fet provoca que sigui complicat aprofundir en els coneixements de cadascuna de les branques de l'enginyeria industrial ja que es disposa de temps limitat i en el grau s'ha apostat per donar una visió generalitzada.

Ara bé, el Treball de Fi de Grau brinda una oportunitat a l'estudiant per tal d'aprofundir en els coneixements de les assignatures que li hagin despertat més interès, en aquest cas l'organització d'empreses i les aplicacions informàtiques.

1.3. Requeriments previs

Les dues assignatures en les que es basa aquest treball són Organització i Gestió i Informàtica. En aquest cas, es realitza una aplicació per resoldre problemes bàsics d'enginyeria d'organització i són necessaris coneixements de diversos llenguatges de programació informàtica per fer-ho possible.

Ha estat necessari aprofundir en coneixements previs d'organització i gestió. També ha calgut aprofundir en àmbits de programació informàtica ja coneguts com és el llenguatge en *python* i ha calgut aprendre nous camps com són la programació en llenguatge *HyperText Markup Language (HTML)*, *Cascading Stylesheets (CSS)* i *JavaScript*.

2. Introducció

El treball neix de la necessitat de crear noves eines d'aprenentatge que impliquin una major participació de l'alumne. La disminució d'hores de classe que suposa el nou sistema d'ensenyament universitari, arrel de l'aplicació de l'Espai Europeu d'Educació Superior, fa que sigui imprescindible el treball autònom de l'alumnat.

Una forma de promoure i facilitar aquest treball autònom és implementar treballs amb l'objectiu de facilitar als estudiants aplicar de forma pràctica els coneixements apresos durant les sessions teòriques de l'assignatura, de cara a sedimentar els conceptes de la matèria.

L'objectiu d'aquest treball és desenvolupar una eina informàtica capaç de resoldre diferents problemes de l'assignatura d'Organització i Gestió, del Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials. Amb aquesta eina es vol dissenyar una aplicació, millor dit una part d'una aplicació que permeti que als alumnes facin un treball on puguin aplicar els conceptes estudiats en les sessions de l'assignatura a un exemple pràctic i més proper a l'estudiant.

La idea d'aquesta aplicació és plantejar un enunciat global, similar a alguna situació del món laboral, i incorporar-hi eines de càlcul apreses en el transcurs de l'assignatura. D'aquesta manera es farà més viva i més dinàmica la presa de decisions, i s'assemblarà a com es faria en una hipotètica empresa. Així, s'incorporen els càlculs a realitzar d'una forma més visual i amena que no fen exercicis a mà o en pràctiques d'ordinador amb full de càlcul.

En el present document es presenta el conjunt de decisions que s'han anat prenent durant el disseny de la mateixa, s'expliquen breument els coneixements d'enginyeria que han estat necessaris per realitzar-la i l'aplicació resultant. Abans, però, s'introduirà el tema d'estudi passant per diverses experiències acadèmiques prèvies, innovadores en els mètodes d'ensenyament, que han servit com a base i guia durant la realització d'aquest treball.

3. L'assignatura d'Organització i Gestió

3.1. Introducció a l'assignatura

A l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB) [1], dins el **Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials (GETI)** [2] i en el sisè quadrimestre del **pla d'estudis** [3], es cursa l'**assignatura d'Organització i Gestió** [4], encarregada al departament d'Organització d'Empreses (figura 3.1).

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials [2010]








































Curs 1	Quadrimestre Tardor (Q1)	 Àlgebra Lineal (6 ECTS)	 Càlcul I (6 ECTS)	 Mecànica Fonamental (6 ECTS)	 Química I (6 ECTS)	 Fonaments d'Informàtica (6 ECTS)	
	Quadrimestre Primavera (Q2)	 Geometria (6 ECTS)	 Càlcul II (6 ECTS)	 Termodinàmica Fonamental (6 ECTS)	 Química II (4.5 ECTS)	 Expressió Gràfica (7.5 ECTS)	
Curs 2	Quadrimestre Tardor (Q3)	 Electromagnetisme (6 ECTS)	 Mètodes Numèrics (4.5 ECTS)	 Materials (4.5 ECTS)	 Equacions Diferencials (6 ECTS)	 Informàtica (4.5 ECTS)	 Mecànica (6 ECTS)
	Quadrimestre Primavera (Q4)	 Economia i Empresa (6 ECTS)	 Estadística (6 ECTS)	 Dinàmica de Sistemes (4.5 ECTS)	 Projecte I (3 ECTS)	 Teoria de Màquines i Mecanismes (6 ECTS)	Optatius (3 ECTS)
Curs 3	Quadrimestre Tardor (Q5)	 Tecnologia del Medi Ambient i Sostenibilitat (6 ECTS)	 Termodinàmica (6 ECTS)	 Electrotècnia (6 ECTS)	 Mecànica dels Medis Continus (4.5 ECTS)	 Tècniques Estadístiques per a la Qualitat (3 ECTS)	 Tecnologia i Selecció de Materials (4.5 ECTS)
	Quadrimestre Primavera (Q6)	 Mecànica de Fluids (6 ECTS)	 Organització i Gestió (4.5 ECTS)	 Resistència de Materials (6 ECTS)	 Projecte II (3 ECTS)	 Màquines Elèctriques (6 ECTS)	 Optimització i Simulació (4.5 ECTS)
Curs 4	Quadrimestre Tardor (Q7)	 Gestió de Projectes (6 ECTS)	 Electrònica (7.5 ECTS)	 Sistemes de Fabricació (4.5 ECTS)	 Termotècnia (6 ECTS)	 Control Automàtic (6 ECTS)	
	Quadrimestre Primavera (Q8)	 Treball de Fi de Grau (12 ECTS)			 Bloc Optatiu (18 ECTS)		

Figura 3.1 Pla d'estudis Grau en Tecnologies Industrials

Els objectius de l'assignatura són donar a l'alumne de les eines necessàries per a què sigui capaç d'identificar diferents tipus de problemes de gestió en les seves branques

productives i logístiques. Un cop identificats, cal que l'alumne pugui desenvolupar els procediments de resolució adequats que desemboquin en solucions correctes i raonades per tal de poder prendre futures decisions encertades.

L'esmentada matèria no té només com objectiu que l'estudiant resolgui problemes de diferents àmbits de forma aïllada, sinó que es busca una visió àmplia per a què l'alumne adquireixi la capacitat de gestionar globalment diferents tipus de sistemes productius i logístics interrelacionats entre sí.

3.2. Estructura de l'assignatura

L'assignatura té 4,5 crèdits ECTS, (*European Credit Transfer and Accumulation System* és un sistema utilitzat per les universitats europees para convalidar assignatures i per quantificar el treball relatiu de l'estudiant, un ECTS equival a 25 hores de treball). El treball de l'assignatura ha de ser unes 112,5 hores, de les quals el nombre d'hores de classe presencial és de 45, dividides en les següents activitats formatives:

- Es dediquen 30 hores al format de classe magistral sobre el temari de l'assignatura, també es resolen dubtes de l'alumnat i activitats participatives i dirigides on l'estudiant participa activament.
- Les 15 hores restants d'activitat presencial són per a les pràctiques, que estan dividides en dos tipus: per grup i individuals. Les primeres es corresponen al format de classe de laboratori, on grups de 3 a 4 estudiants apliquen instruments de càlcul per fer una aplicació pràctica dels procediments introduïts a les classes de teoria. Les segones es corresponen a resoldre preguntes sobre un enunciat donat prèviament, en base a unes dades que es faciliten de forma individual.

També són presencials l'examen parcial, el de pràctiques i el final, que junt amb les pràctiques són les activitats d'avaluació de l'assignatura d'organització i gestió. Es considera que l'alumne necessita les restants 67,5 hores d'aprenentatge autònom durant el transcurs de l'assignatura.

3.3. Temari de l'assignatura

El temari està dividit en vuit temes:

El primer està titulat **Introducció a la gestió i l'enginyeria d'organització [5]** i els seus objectius són que l'estudiant identifiqui les característiques organitzatives i de gestió dels sistemes productius i logístics i que situï cadascuna de les decisions en sistemes productius i logístics en l'esquema general de presa de decisions. També s'expliquen eines que ajuden a classificar els principals costos que intervenen en la gestió, i d'altres per determinar les millors opcions d'inversions com són el Valor Actualitzat NET (VAN) i la Taxa Interna de Rendibilitat (TIR).

Gestió de projectes singulars [6] és el títol del segon tema. En ell s'identifiquen els principals elements en la planificació i programació de projectes.

A continuació, en el tercer tema, anomenat **El producte i el procés [7]**, s'ensenya, entre altres coses, a identificar la importància de cada producte amb l'anàlisi ABC.

La quarta unitat docent és un dels blocs més importants de l'assignatura. S'expliquen diferents tipus de costos i elements a considerar en la **Gestió d'estocs [8]** i l'estudiant aprèn a resoldre diverses situacions de gestió d'estocs utilitzant el model apropiat. A aquest temari se li dediquen 3 sessions de grup gran, on s'expliquen els conceptes, i dues sessions de grup petit on es realitzen les activitats pràctiques de l'assignatura.

El cinquè tema és el de **planificació d'operacions [9]**, on es donen les eines necessàries per a realitzar una planificació. Si es vol que sigui òptima, es disposa d'una eina que és el mètode de Bowman, però també es realitzen plans mestres a partir d'anàlisi gràfica i intuïtiva. A aquest temari també se li dediquen dues sessions de pràctiques.

La **Planificació de Necessitats [10]** és la sisena unitat docent. En ella s'aprèn a determinar les comandes a proveïdors; les ordres de fabricació per satisfer un pla i la quantitat de recursos necessaris per fabricar i distribuir. Això es fa amb el *Material Requirements Planning* (MRP), les necessitats de material, i amb el *Capacity Requirements Planning* (CRP), les necessitats de càrrega.

A la setena part del temari, **Programació d'operacions [11]**, s'aprèn a determinar els diversos tipus de flux d'un sistema productiu, i un cop identificat el procediment apropiat per

resoldre'l, obtenir una solució per a la programació d'operacions. A aquest tema se li dediquen tres sessions teòriques; també s'hi dediquen dues sessions de pràctiques.

L'última unitat docent del temari, **Gestió global en les organitzacions [12]**, dona una visió global, amb què es pretén que l'estudiant relacioni i conegui la funció de conceptes usats en gestió en el dia de les empreses, com són l'ERP (*Enterprise Resource Planning*), TQM (*Total Quality Management*), JIT(*Just in Time*), etc.

En la taula 3.1 es mostra la programació de les classes de l'assignatura per al passat quadrimestre 2 del curs 16.17. A la primera columna, s'indica el dilluns de cada setmana. En la segona columna, que correspon a classes de teoria de dos hores de durada, s'indica el temari previst per aquella setmana. En la tercera columna, que correspon a les classes pràctiques d'1,5 hores de durada, s'indica les pràctiques a realitzar. Donat que el total d'hores de pràctiques és 15 i la durada és de 1,5 hores, hi ha setmanes que no hi ha classe.

Taula 3.1 Programació de l'assignatura quadrimestre 2, curs 16-17

Setmana	Dia Teoria	Dia Pràctiques
13/02/17	Introducció	NO HI HA CLASSE
20/02/17	Introducció - G. Projectes	NO HI HA CLASSE
27/02/17	G. Projectes – Producte i procés	P1 Introducció (inform.)
6/03/17	G. Estocs 1	P2 Gestió projectes
13/03/17	G. Estocs 2	NO HI HA CLASSE
20/03/17	G. Estocs 3	P3 Estocs 1 (PI)
27/03/17	Planificació 1	P4 Estocs 2 (inform.)
3/04/17	Planificació 2 (dilluns)	PARCIALS
17/04/17	Planificació 2 (dimarts)	NO HI HA CLASSE
24/04/17	Necessitats 1	P5* Planificació 1 (inform.)
1/05/17	Necessitats 2 - Programa 1 *	P6 Planificació 2 (PI)
8/05/17	Programació 2 *	P7 P. Necessitats (PI)
15/05/17	Programació 3 *	P8 Programació 1
22/05/17	Gestió global *	P9 Programació 2
29/05/17	Repàs	NO HI HA CLASSE

3.4. Eines docents

Per a les sessions pràctiques, es disposa d'una sèrie d'enunciats, sovint basats en problemes d'examen, que serveixen per a què l'estudiant treballi els principals conceptes d'una forma aplicada. En canvi, per a les sessions teòriques, es disposa d'un conjunt de transparències útils en el discurs del professorat, però es vol tendir a veure l'aplicabilitat dels conceptes directament en aquestes sessions a partir de casos reals per veure les eines necessàries.

Per resoldre aquesta darrera problemàtica es planteja el desenvolupament d'una aplicació que combini els diferents tipus de problemes tractats a l'assignatura, que es poden apreciar en la taula 3.2, associats a cada tema (per files).

Taula 3.2 Problemes tractats a l'assignatura

Tema	Títol	Conceptes/Problemes
1	Introducció a la gestió i l'enginyeria d'organització	Tipus de costos i punt d'equilibri Avaluació d'inversions (VAN, TIR)
2	Gestió de projectes singulars	Gestió amb lligadures potencials Gestió amb lligadures acumulatives Gestió amb lligadures disjuntives
3	El producte i el procés	Modularitat Anàlisi ABC Capacitat del procés
4	Gestió d'estocs	Definició d'estocs, classificació i costos Mètodes de gestió d'estocs amb models deterministes
5	Planificació d'operacions	Planificació gràfica Planificació intuïtiva Planificació òptima
6	Planificació de necessitats	Necessitats de materials (MRP) Necessitats de materials (CRP) Necessitats de distribució (DRP)
7	Programació d'operacions	Criteris de seqüenciació El flux regular El flux general
8	Gestió global en les organitzacions	ERP <i>Enterprise Resource Planning</i> TQM <i>Total Quality Management</i> JIT <i>Just in Time</i>

4. Selecció del tipus de treball i aplicació

Aquest capítol pretén definir com es vol que sigui el treball a realitzar pels estudiants i què es vol que faci l'aplicació web. Així mateix, també serà oportú cercar projectes amb funcionalitats similars que serveixin d'inspiració i guia.

4.1. Tipus de treball

Abans de decidir el temari que s'inclourà en el treball és important definir com es vol que sigui el treball.

El primer de tot és preguntar-se si és més oportú un treball individual o un treball en grup.

El treball individual té com a punts forts que l'alumne desenvolupa els seus propis talents i habilitats i es responsabilitza plenament de la feina a realitzar.

En canvi, el treball en equip propicia que els individus exercitin, verifiquin i millorin les seves habilitats i pensament crític a través de la discussió i posada en comú de la informació durant el procés de resolució dels problemes. També estimula l'activitat solidària i la responsabilitat individual en front als companys i permet la presa de decisions per mitjà de l'anàlisi de diferents opinions per aconseguir la millora del projecte. I a més a més, reflecteix el que els estudiants es trobaran futurament en el món laboral.

Cal valorar també la conveniència de fer un treball presencial en horari de classe o no presencial. La disminució d'hores de classe que suposa el nou sistema d'ensenyament universitari, arrel de l'aplicació de l'Espai Europeu d'Educació Superior, implica valorar el cost d'oportunitat de dedicar hores de l'assignatura a aquesta finalitat.

Per a què els estudiants puguin adquirir tots els coneixements necessaris per superar les assignatures necessiten temps dedicat a l'autoaprenentatge; un treball no presencial pot facilitar i potenciar aquesta tasca.

4.2. Funcionalitats de l'aplicació

L'aplicació web ha de constar de varies pantalles:

- Per començar, és necessària una pàgina principal o d'inici on els usuaris puguin iniciar la sessió. També s'ha de crear una pantalla on els estudiants puguin registrar els grups de treball que ells hagin escollit.
- Un cop començat el treball, hi haurà d'haver un menú per accedir als diferents problemes. Aquestes problemes podrien no estar disponibles en tot moment, sinó que s'anirien obrint i tancat de forma cronològica en el temps, és a dir, es tindria un temps limitat per resoldre un problema i quan aquest període acabi, s'obriria el següent, també per un temps limitat.
- Per promoure l'esforç individualitzat, cada problema s'haurà de poder generar amb valors diferents per a cada grup. Un cop el grup d'estudiants hagi fet els càlculs oportuns, els alumnes han de poder introduir les respostes i enviar-les per a la seva avaluació.
- Les qualificacions haurien d'aparèixer en una altra pantalla quan el temps donat per a fer l'exercici finalitzi. Seria oportú que es publicués una classificació amb els altres grups per tal de donar caràcter competitiu al treball, motivant així als estudiants.
- Els usuaris, en el menú, han de disposar d'un botó per a poder tancar la sessió i abandonar l'aplicació quan hagin acabat amb la feina a fer.

L'aplicació ha de ser accessible tant per a estudiants com per al professorat. Per això, és necessari un domini web per a que es pugui accedir a ella des d'internet.

Per poder realitzar les funcionalitats descrites anteriorment, caldrà un sistema d'emmagatzematge de dades. En aquest sistema es guardarà la informació dels estudiants matriculats a l'assignatura, els grups formats pels alumnes, els valors donats en l'enunciat a cada grup, i la resposta entregada per cada grup i la nota obtinguda.

Per tal d'avaluar les respostes dels estudiants, calen programes que resolguin els diferents problemes del treball. Aquests programes tindran com a dades d'entrada els valors de l'enunciat de cada grup, calcularan la resposta correcta i es compararà amb la introduïda

per l'equip d'estudiants, per tal de corregir els exercicis.

Com a funcionalitat complementària, es podria disposar dels correus electrònics dels estudiants per enviar un correu recordatori quan resti poc temps per a la fi del temps donat per a realitzar l'exercici. Així, s'asseguraria la participació i ningú s'oblidaria de fer l'activitat.

5. Estudi d'altres eines similars

Un cop definits els objectius del projecte i les funcionalitats de l'aplicació, s'han cercat projectes similars per prendre com a referència els seus millors aspectes per fer-los servir de guia durant el desenvolupament del treball, és el que en termes empresarials se'n diuen Benchmarks. S'ha consultat la **pàgina d'innovació docent de l'Institut de Ciències de l'Educació UPC [13]**. A partir d'aquí, més concretament, s'han utilitzat com a referència dos projectes innovadors de la Universitat Politècnica de Catalunya que s'expliquen a continuació.

5.1. Disseny i implementació d'un cas pràctic d'introducció a l'estadística basat en la presa de decisions realistes sobre dades simulades. (PRESTON)

Es tracta d'un projecte realitzat pel **departament d'Estadística i Investigació Operativa [14]** de l'Escola Tècnica Industrial de Barcelona, per a l'assignatura d'Estadística del quart quadrimestre del pla d'estudis del Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials.

La iniciativa neix com a resultat de la implantació del nou sistema de graus, dues assignatures es fusionen en una sola i això provoca una pèrdua d'hores de classe que s'han compensat amb una major participació per part de l'alumne i l'augment dels treballs pràctics.

L'objectiu era dissenyar un nou treball pràctic que permetés als alumnes aplicar els coneixements apresos durant el transcurs de l'assignatura. Per tal de dur-ho a terme es va crear un joc competitiu en línia de presa de decisions basades en l'estadística.

El joc utilitza dades simulades que l'estudiant ha d'analitzar. Es fa servir una web on s'adquireixen les dades seguint una estratègia, ja que es disposa d'un pressupost limitat. És també al web on s'introdueixen les decisions que s'han adoptat a partir dels càlculs realitzats.

La web està dissenyada en PHP i té un programa de càlcul que genera les dades aleatòries a partir dels models introduïts. També disposa d'una base de dades on es guarden les accions i decisions que realitzen els alumnes. Pel que fa a l'estructura, la web està

composta per diverses pantalles. Té un menú principal des del qual es pot accedir a les diferents fases del problema.

Com a resultat, s'aconsegueix que els alumnes interactuïn amb un context realista de presa de decisions i es veuen incentivats per l'estímul de l'element competitiu. A més a més, la necessitat de pensar tant l'estratègia de recollida de dades com l'anàlisi i la decisió entre els components d'un mateix grup permet treballar aptituds com són el treball en equip i la presa de decisions conjunta.

Informació del mòdul 1

Si no vols adquirir dades d'una variable simplement deixa en blanc la casella.

Si adquireixes dades, automàticament se suposa que vols els mateixos individus de cada categoria. Per tant, per una variable de 2 categories, agafar-ne 12 d'una categoria suposa comprar-ne 24.

Cada variable té un preu fix (€variable) i un preu per cada individu (€individu).

	€variable	€individu	subtotal €	
BARCELONA	20	10.00 €	5.00 €	160.00 €
Llobar	15			
CotxesLeny	15			
TARRAGONA	20	20.00 €	4.00 €	160.00 €
CastusosCars	10			
VirgilsCarrera	10			
LLEIDA	30	18.00 €	4.00 €	138.00 €
HuguTorres	15			
MarioCasanova	15			
GIRONA	40	15.00 €	6.00 €	255.00 €
VehiclesOfier	20			
RunFun	20			

Figura 5.1 Pantalla d'adquisició de dades del Preston

5.2. Aprenentatge actiu dels sistemes d'informació

Aquest projecte va ser realitzat pel **departament d'Enginyeria de Serveis i Sistemes d'Informació [15]** de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB), per a diverses assignatures de l'especialitat de Sistemes d'Informació del grau d'Enginyeria Informàtica.

En l'esmentat projecte es buscava un nou procés d'aprenentatge més proper a la realitat dels sistemes d'informació en les companyies del món laboral i basat en problemes reals. A més a més, es volia fomentar les competències d'innovació, emprenedoria, treball en equip i l'ús solvent dels recursos.

Per fer-ho es va plantejar la resolució d'una sèrie de casos basats en les dades d'una empresa real que s'havien de tractar amb els conceptes teòrics apresos en el transcurs de les assignatures.

Per tal de subministrar a l'alumnat un conjunt de dades es va signar un conveni amb l'empresa Codorniu per a què facilités informació i dades dels seus sistemes d'informació. Amb l'empresa Edisa també es va firmar un conveni per a què facilités el seu lot de programes informàtics de suport a la gestió.

Per a l'avaluació del treball, es van crear dos comitès amb les dues empreses participants per tal de proveir-les dels recursos i treballs elaborats pels estudiants per a què fossin valorats i es proposessin millores.

Així, es va veure que és complicada l'adaptació de les dades de les empreses a un cas simple que pugui entendre l'alumnat. Tot i així, tal i com van demostrar les enquestes realitzades, els estudiants van valorar positivament aquesta nova forma d'aprenentatge més dinàmic.

5.3. Punts a considerar en aquest treball

A l'hora de realitzar el present treball, s'ha pres com a referència l'esperit del projectes anteriorment presentats:

- Es vol crear una aplicació interactiva, senzilla, clara a l'hora d'introduir els resultats i dividida en diferents pantalles.
- Es pretén que els alumnes puguin posar en pràctica i ampliar el seus coneixements d'una forma innovadora i més amena que propiciï el treball en grup (ja que és l'opció preferida en els projectes de referència) i la presa de decisions conjunta.

6. Selecció del temari a avaluar

A l'hora de crear un nou treball a realitzar pels estudiants, cal escollir el temari a avaluar des de l'aplicació informàtica que es vol crear, i per escollir és necessari fixar un criteri per determinar quins són els temes escollits dins del programa actual de l'assignatura d'Organització i Gestió.

S'ha de tenir en compte que el pla d'estudis del grau en tecnologies industrials és un programa molt heterogeni on estan inclosos diversos camps del món industrial. S'observa que Organització i Gestió és la primera assignatura on els estudiants entren en contacte amb l'organització logística i productiva de les empreses. Per tant, és una assignatura introductòria on es presenten per primera vegada les eines per a la gestió d'organitzacions.

En la figura 6.1, extreta de les **diapositives de l'assignatura d'Organització i Gestió [8]**, es mostra un esquema de les activitats que conformen la direcció d'operacions, decisions a les que es dedica la major part del temari del quadrimestre.

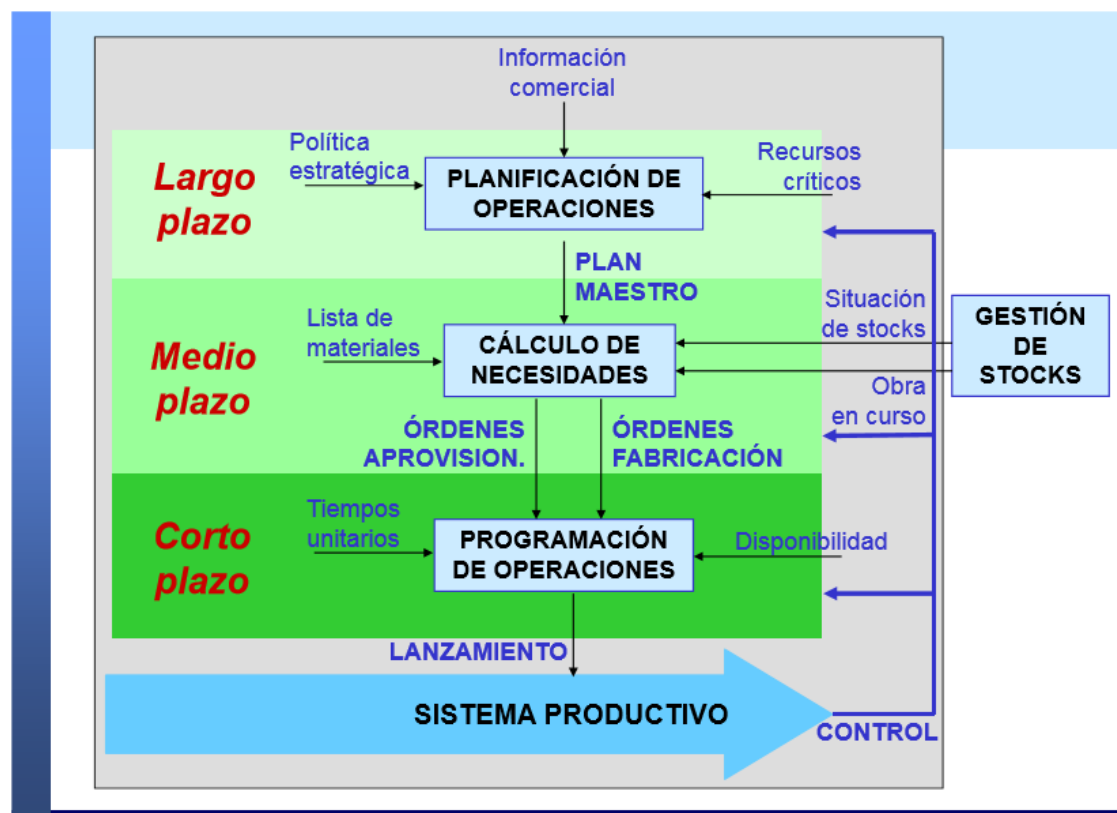


Figura 6.1 Esquema direcció d'operacions (font: Diapositives de l'assignatura [8])

La planificació d'operacions a llarg termini és un temari que pot portar a múltiples solucions, per tant, per ser avaluat pot ser complicat, caldria trobar uns càlculs més mecànics per a la fer l'avaluació fàcilment.

Anant al més curt termini, la programació d'operacions és molt útil en el dia a dia de les empreses, però per tal de fer la simulació de la realitat amb l'aplicació, potser caldria molta feina per part de l'estudiant ja que s'ha d'anar actualitzant dia a dia, per aquest motiu no és tampoc la millor opció.

Per tant, s'arriba a la conclusió que el temari més adequat per introduir al treball és la gestió de materials a mig termini, que clarament és la més intuïtiva per a l'alumnat.

Dins de la gestió de materials bàsica, es diferencia entre els que tenen **demanda dependent** i **demanda independent** [16].

- La demanda independent és aquella que es genera a partir de decisions externes a l'empresa, per exemple la demanda de productes acabats acostuma a estar marcada per les necessitats del mercat i són alienes a l'empresa en el sentit que les decisions dels clients no són controlables per part del fabricant.
- La demanda dependent és aquella que es genera a partir d'altres necessitats que provoca en productes superiors la demanda independent. Són internes a la pròpia empresa, per exemple si hi ha una necessitat de 100 taules (demanda independent), automàticament es genera una necessitat de 100 taulons i 400 potes (demanda dependent).

És important aquesta distinció, perquè els mètodes que s'han de fer servir en la gestió de materials d'un producte són diferents en funció de com sigui el seu tipus de demanda. Per tal que amb l'aplicació s'avaluï els coneixements dels estudiants en ambdós casos, s'ha escollit el model bàsic de gestió d'estocs per a demanda independent (la fórmula EOQ (*Economic Order Quantity*) o model de Harris-Wilson) i el càlcul de necessitats que aquesta provoca en la demanda dependent, amb l'MRP.

A més a més, com es mostra en la taula 6.1, són clarament complementaris.

Taula 6.1 Comparació EOQ amb MRP (Font: Organización de la producción II Dirección de operaciones 2. [18])

EOQ	MRP
Orientat a cada article individualment	Orientat a productes i components de forma coordinada
Demanda independent	Demanda depenent (derivada)
Demanda continua	Demanda discreta (a salts)
Senyal d'emissió de la comanda en el punt de comanda	Senyal d'emissió de la comanda temporitzada
Basat en la demanda històrica	Basat en la producció futura
Previsió de tots els articles	Previsió dels articles finals només
Sistemes basats en la quantitat	Sistema basat en quantitat-temps
Estoc de seguretat per a tots els articles	Estoc de seguretat només per a productes acabats

7. Coneixements teòrics a l'aplicació

Per a la realització del projecte ha calgut ampliar els coneixements de diferents conceptes d'Informàtica i Organització i Gestió. En aquest capítol s'explicaran aspectes teòrics de les anteriors assignatures que s'han fet servir durant el transcurs del treball.

7.1. Base teòrica d'Organització i Gestió

Com s'ha explicat a l'apartat anterior, s'ha decidit incloure al treball un exercici que s'hagi de resoldre amb el procediment MRP i un altre que inclogui la Gestió d'estocs. Però el temari de Gestió d'estocs en context determinista és massa ampli com per incloure'l tot en una sola activitat. Per tant, cal decidir quins són els models que s'inclouran a l'exercici.

Per decidir quin temari incloure a l'exercici es cerca en els **llibres de referència sobre l'assignatura[16-18]** i es busca què es el que inclouen i quins exercicis s'hi fan. En el llibre **“Administració d'operacions producció i cadena de subministrament” [16]**, al explicar els models de control d'inventari es comença pel model bàsic de quantitat de comanda fixa, el model de Harris-Wilson, i posteriorment es complementa amb models de preus amb descompte, on es comença per el model de rebaixes uniformes. En els altres llibres consultats la seqüenciació del temari és la mateixa.

Es decideix prendre el mateix camí i incloure a l'exercici de Gestió d'Estocs el model bàsic per al control d'inventari de Harris-Wilson i complementar-ho amb el model de rebaixes uniformes. Aquest conceptes s'expliquen a continuació i es fa un exemple de com el grup d'estudiants hauria de resoldre un exercici similar al de l'aplicació.

Per altra banda, l'altre exercici avalua els resultats a obtenir aplicant el procediment MRP, a continuació s'explica aquesta procediment i també es resol un exercici similar al de l'aplicació, comentant quin són els aspectes importants que s'han tenir en compte durant els càlculs.

7.1.1. Gestió d'estocs en context determinista

Costos d'inventari

Per entendre els models de gestió d'inventari, és important definir quin tipus de **costos**

d'inventari [16] existeixen:

- Costos d'adquisició: és el preu unitari d'adquisició del producte, que per tant, quan es fa una comanda dependrà de la quantitat adquirida.
- Cost de llançament: és el cost fix per a cada comanda realitzada, independentment de la quantitat demanada.
- Costos de possessió i manteniment : Aquesta categoria inclou els costos de les instal·lacions del magatzem, assegurances, desperfectes i danys, obsolescència, depreciació i impostos.
- Cost de ruptura: és el cost derivat de les pèrdues que es produeixen si un material s'esgota i s'ha d'aturar la producció i no es pot servir al client quan ho demana.

Model Harris-Wilson

Per calcular la mida del lots el programa fa servir **el model Harris-Wilson [5]** que parteix de les següents hipòtesis:

- No hi ha horitzó temporal; el procés continua indefinidament.
- La demanda és homogènia, contínua i coneguda en el temps.
- No s'accepten ruptures d'estoc.
- El termini de lliurament és constant i conegut.
- El cost de llançament per comanda és constant i conegut.
- El cost de possessió per unitat és constant i conegut.

En aquestes condicions, el cost mitjà anual es calcula segons l'equació:

$$K(Q^*) = CL * \frac{D}{Q} + CA * D + CS * \frac{Q}{2} \quad (7.1)$$

On Q^* és la mida òptima del lot, CL és el cost de llançament de la comanda, D és la demanda anual, i CS el cost de possessió per unitat.

Derivant l'equació del cost mitjà anual, es troba l'equació que defineix la mida òptima del lot es calcula segons l'equació:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * CL * D}{CS}} \quad (7.2)$$

Si el producte té un múltiple de la mida del lot concret, cal arrodonir Q^* al múltiple més proper de menor cost, si està en un valor central entre el múltiple inferior i superior, cal avaluar els costos mitjos anuals de tots dos i quedar-se amb el que tingui costos inferiors.

7.1.2. Rebaixes uniformes

El concepte de rebaixes uniformes fa referència al fet que el proveïdor varia el preu del producte segons el nombre d'unitats que s'adquiriran. És a dir, que per a cada tram j de mida de comanda (quantitat d'unitats a comprar), hi ha un cost d'adquisició diferent (CA_1, CA_2, \dots) (Taula 7.1).

Taula 7.1 Cost d'adquisició en funció de la mida de la comanda

Tram	Mida de la comanda	Cost d'adquisició
1	$0 \leq Q < N_1$	CA_1
2	$N_1 \leq Q < N_2$	CA_2
...

On N_1, N_2, \dots són els límits superiors de cada tram (1,2,...)

Ara bé, que el cost d'adquisició unitari d'una peça sigui més petit si es fa una comanda més gran no garanteix que els costos globals siguin inferiors. Amb el següent procediment, es pot trobar la mida òptima de les comandes que s'han de fer:

1. Per a cada tram de CA_j cal trobar la mida de comanda òptima sense tenir en compte la restricció, fent servir l'equació de Harris-Wilson per entrades en bloc:

$$Q_j^* = \sqrt{\frac{2 * CL * D}{i * CA_j}} \quad (7.3)$$

2. Cal tenir en compte la limitació dels trams. Q_j^* ha d'estar entre N_{j-1} i N_j , complint les desigualtats corresponents.

$N_{j-1} \leq Q_j^* < N_j$. Si Q_j^* és més petita que N_{j-1} o el valor factible més proper, Q_j^* passa a ser N_{j-1} . Si és més gran que N_j o el valor factible més proper, Q_j^* passa a ser N_j .

3. Cal avaluar la funció de costos amb la mida òptima de cada tram, i considerar mida òptima total la que faci mínim el valor de cost total de la funció de costos. $K^* = \min\{K_j^*(Q_j^*)\}$

$$K(Q_j^*) = CL * \frac{D}{Q} + CA_j * D + i * CA_j * \frac{Q}{2} \quad (7.4)$$

7.1.3. Exemple d'exercici de gestió d'estocs

Per tal de veure com els alumnes hauran de posar en pràctica el conceptes explicats en els dos subapartats anteriors es procedeix a resoldre una part de la pràctica 3 del quadrimestre 2 del curs 15-16, on es fa servir els mateixos coneixements que caldran per resoldre l'exercici de l'aplicació.

PRÀCTICA 3. Gestió d'estocs

PART 1. L'empresa *INSIN*, dedicada al sector d'instal·lacions industrials, utilitza un component bàsic per als treballs. Fa pocs dies ha rebut una oferta d'un possible nou proveïdor amb les següents condicions:

- Els components es serveixen en caixes de 500 unitats completament plenes.
- El preu ofert per unitat de component és de 90 u.m.
- No obstant això, si la quantitat comprada en una comanda arriba a les 50 caixes, el proveïdor efectuarà un descompte del 5%. A més, si la comanda passa a ser de

400 o més caixes, el descompte serà del 10% sobre el preu de partida.

- El termini de lliurament és de 2 setmanes.

Després d'analitzar la informació en l'ERP de l'empresa, s'observa que el consum del component es troba estabilitzat en unes 1400 unitats a la setmana. L'empresa treballa 50 setmanes a l'any, totes elles de dilluns a divendres.

L'empresa valora de tenir unitats d'aquest component en estoc li suposa un 10% anual sobre el cost variable d'adquisició. A partir de les dades de la gestió amb el proveïdor actual, s'estima que el fet d'enviar una comanda representa per a l'empresa unes despeses de 700 u.m.

- a) Quina seria la mida òptima de lot si acceptés l'oferta del possible nou proveïdor?
- b) Quin seria el cost total per la gestió d'estocs d'aquest component? I el cost unitari a imputar al component?
- c) Quin seria el punt de comanda?

Resolució

a i b) Primer es troba la mida òptima del lot per al component sense descompte amb les equacions del model de Harris-Wilson:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * CL * D}{CS}} = \sqrt{\frac{2 * 700 * 1400 * 50}{0,1 * 90}} = 3.300 \text{ u}$$

Com la mida del lot ha de ser múltiple de 500, s'ha de triar entre demanar 3.000 unitats o 3.500. Donat que els costos de 3.500 unitats per comanda són menors que amb 3.000 unitats per comanda, s'opta per la primera opció.

$$\begin{aligned} K(3500)^* &= CL * \frac{D}{Q} + CA_J * D + i * CA_J * \frac{Q}{2} \\ &= 700 * \frac{1400 * 50}{3500} + 90 * 1400 * 50 + 0,1 * 90 * \frac{3500}{2} = 6.329.750 \frac{\text{u.m.}}{\text{any}} \end{aligned}$$

Ara es troba la mida òptima per al component amb descompte del 5%.

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2 * CL * D}{i * CA_1}} = \sqrt{\frac{2 * 700 * 1400 * 50}{0,1 * 85,5}} = 3.385 \text{ u}$$

Per aquest descompte del 5% la comanda ha de ser superior a 50 caixes, és a dir 25.000 unitats, Q_2^* passa ha ser 25.000. En aquest pas és un error freqüent no tenir en compte la limitació de la mida de comanda i es passa a calcular els costos globals amb l'òptim sense considerar la limitació del tram. Per tant, es pot cometre una errada que dona valors irreals.

Es calcula el cost total:

$$K(25000) = 700 * \frac{1400 * 50}{3500} + 85,5 * 1400 * 50 + 0,1 * 85,5 * \frac{3500}{2} = 6.093.835 \frac{\text{u.m.}}{\text{any}}$$

Fent el mateix amb el segon descompte és troba $Q_3^* = 200.00$ unitats i $K(Q_3^*)=6.480.245$ u.m. a l'any.

Llavors seguint el procediment de rebaixes uniformes, determinem òptim $Q^*=25.000$ unitats i els costos globals de 6.093.835 u.m. a l'any.

7.1.4. MRP (*Material Requirements Planning*)

El *Material Requirements Planning* és un sistema de planificació de la producció i de gestió d'estocs que permet trobar què quan i quina quantitat s'ha de fabricar i/o aprovisionar.

Es basa en el fet que la demanda de la majoria dels articles no és independent; habitualment només ho és la dels productes amb sortida exterior.

La demanda d'aquests articles dependents pot calcular-se a partir de dades com la demanda de productes independents, l'estructura del producte, els inventaris, els lots i els terminis.

7.1.5. Exemple d'aplicació d'exercici MRP

Amb l'objectiu de posar en pràctica i explicar breument el sistema de planificació MRP, es defineix un producte P format per una unitat del semielaborat PA, i dues unitats del semielaborat PB. I a la vegada PA requereix de dues unitats del component MP i PB d'una unitat d'aquest mateix component MP.

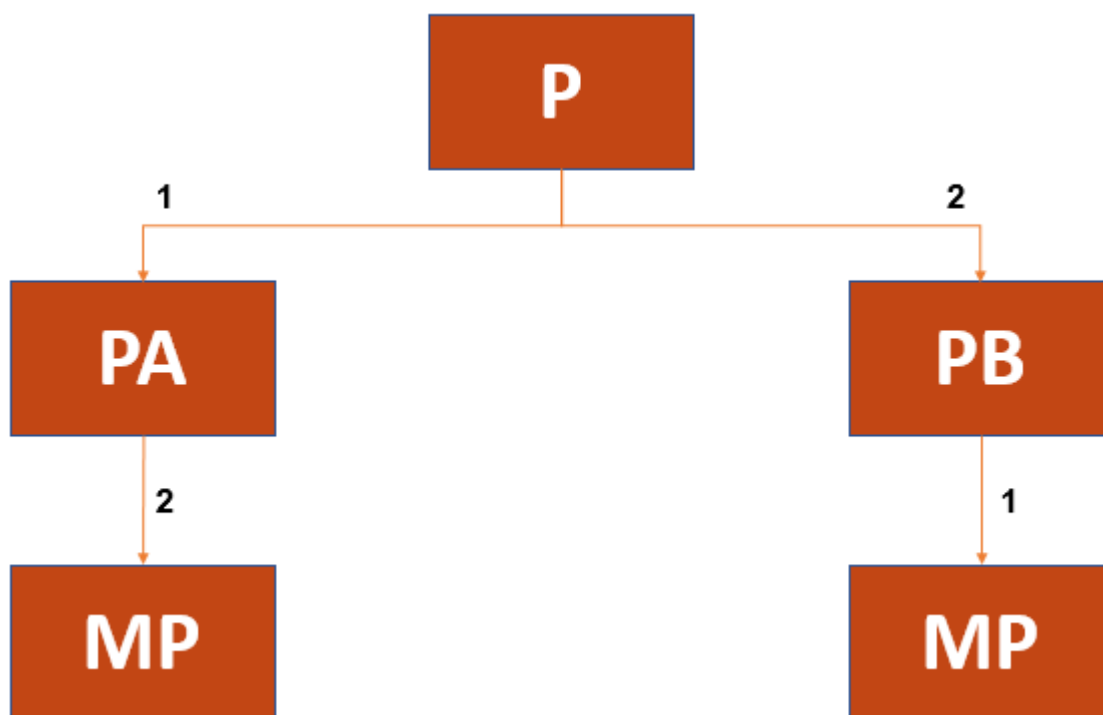


Figura 7.1 Esquema llista de materials del producte P

L'inventari, els lots i terminis dels productes es mostren a la taula següent:

Taula 7.2. Paràmetres dels articles involucrats en l'exemple MRP

Article	Estoc inicial	Mida del lot	Termini (setmanes)	Recepcions programades
P	200	25	1	1/25 unitats
PA	700	50	1	1/50 unitats 2/100 unitats
PB	1400	150	1	1/1000
M	5000	200	2	2/4000 unitats

I la demanda exterior de P és la següent:

Taula 7.3. Demanda del producte P en l'exemple MRP

Setmana	1	2	3	4	5	6
Demanda P	0	600	1200	1200	1200	300

Com es veu a la taula 7.4, durant la setmana 2, es pot observar que les necessitats brutes són de 600 unitats, però com es disposa de 225 unitats en estoc de la setmana anterior, només són necessàries 375 unitats addicionals per arribar a 600 unitats. Per tant, les necessitats netes són iguals a restar l'estoc de la setmana anterior a les necessitats brutes.

Un cop es troben les ordres de recepció, és a dir, un cop es sap quan s'han de tenir els productes, per trobar les ordres d'emissió cal avançar en el temps tot el temps que es tarda en fabricar o en rebre al producte (termini de lliurament), i així es troben les dates on cal començar a produir o fer la comanda.

Taula 7.4. Graella d'MRP del producte P (exemple MRP)

Article: P	estoc inicial	1	2	3	4	5	6
Necessitats brutes			600	1200	1200	1200	300
Estoc en mà	200						
Pendent de rebre		25					
Estoc disponible	200	225	0	0	0	0	0
Necessitats netes			375	1200	1200	1200	300
Ordres (recepció)			375	1200	1200	1200	300
Ordres (emissió)		375	1200	1200	1200	300	

Com l'article semielaborat PA (taula 7.5) és un component de P, les ordres d'emissió de P multiplicades per 1 (nombre d'unitats de PA en una unitat de P) passen a ser les necessitats brutes de PA ja que aquest és totalment dependent del producte anterior. El mateix passa amb l'article semielaborat PB (taula 7.6) però en aquest cas multiplicat per dos ja que aquestes són les unitats que conté cada producte P.

S'observa també, i aquest és un dels punts que normalment crea més confusió, les ordres d'emissió han de ser múltiples de la mida del lot, encara que les necessitats siguin de 1175 cal demanar 1200 ja que el lot ha de ser de 50 unitats. Sempre s'ha de demanar el múltiple de lot superior, ja que si s'arrodonís per l'inferior faltaria producte.

Taula 7.5. Graella d'MRP del semielaborat PA (exemple MRP)

Article: PA	estoc inicial	1	2	3	4	5	6
Necessitats brutes		375	1200	1200	1200	300	
Estoc en mà	700						
Pendent de rebre		50	100				
Estoc disponible	700	375	25	25	25	25	
Necessitats netes			825	1175	1175	275	
Ordres (recepció)			850	1200	1200	300	
Ordres (emissió)		850	1200	1200	300		

Taula 7.6. Graella d'MRP del semielaborat PB (exemple MRP)

Article: PB	estoc inicial	1	2	3	4	5	6
Necessitats brutes		750	2400	2400	2400	600	
Estoc en mà	1400						
Pendent de rebre			100				
Estoc disponible	1400	650	50	50	50	50	
Necessitats netes			1750	2350	2350	550	
Ordres (recepció)			1800	2400	2400	600	
Ordres (emissió)		1800	2400	2400	600	300	

Les necessitats brutes de la matèria prima MP (taula 7.7) són resultant de la suma de les ordres d'emissió del semielaborat PA multiplicades pel nombre d'unitats de MP en PA (2), més les ordres d'emissió del semielaborat PB.

Taula 7.7. Graella d'MRP de la matèria prima MP (exemple MRP)

Article: MP	estoc inicial	1	2	3	4	5	6
Necessitats brutes		3300	4800	2400	2400		
Estoc en mà	5000						
Pendent de rebre			4000				
Estoc disponible	5000	1700	900	100	100		
Necessitats netes				3900	1100		
Ordres (recepció)				4000	1200		
Ordres (emissió)		4000	1200				

7.2. Base teòrica d'Informàtica

Abans de començar amb l'elaboració de la web cal assabentar-se de quins són els llenguatges de programació que es poden fer servir per realitzar una aplicació informàtica.

Com que existeixen gran quantitat de llenguatges informàtics, l'estratègia a seguir serà estudiar els llenguatges de programació més bàsics per a cada funció. Després, si es conclou que aquest llenguatge més bàsics no poden complir amb les funcionalitats marcades al capítol 5, es buscaran altres llenguatges de programació que puguin complir amb els objectius fixats.

A continuació, es fa un breu resum dels llenguatges de programació més bàsics.

7.2.1. Python

La característica principal del llenguatge de programació en **python [2]** és que es tracta d'un llenguatge d'alt nivell. Això vol dir que fa servir un forma de programació que dista molt del llenguatge de la màquina, és a dir, que fa servir el llenguatge natural per tal que sigui més fàcil aprendre'l i utilitzar-lo.

Dins dels diferents llenguatges d'alt nivell, *python* busca, a més a més, que sigui fàcil de llegir i que es pugui programar en un nombre inferior de línies comparat amb altres llenguatges.

Un altre avantatge del *python* són les seves llibreries. Les llibreries són instruments ja programats anteriorment que poden realitzar una gran varietat de funcions. Això fa que no sigui necessari programar amb el llenguatge més simple tot el programa. Les funcions més habituals es poden trobar en diferents llibreries, fent possible la seva crida i ús sense que sigui necessari tornar-les a programar.

7.2.2. HyperText Markup Language (HTML5)

HTML [1] és un llenguatge per a l'elaboració de pàgines web. És el llenguatge estàndard que fan servir els navegadors d'avui dia per a la visualització de pàgines web.

L'estructura bàsica de l'*HTML* són els elements, els quals tenen dues propietats bàsiques: atributs i contingut. Cada element té una etiqueta d'obertura i una etiqueta de finalització. Els atributs normalment estan continguts en l'etiqueta d'obertura; aquests defineixen les propietats del que s'ha de visualitzar. El contingut es col·loca entre l'etiqueta d'obertura i la finalització; és el que es visualitza en la pàgina web.

La majoria de les etiquetes han de tancar-se tal i com s'obren però amb una barra. <html> seria una etiqueta d'obertura i </html> seria la de finalització. Cada una de les etiquetes marca una secció. Cada secció es divideix també en seccions més petites al seu interior.

A continuació es mostra un exemple en la figura 7.2. El document s'obra i es tanca amb l'etiqueta <html>, dins la secció <body> s'inclou el que apareixerà en pantalla, com per exemple títols <h1> i paràgrafs <p>.

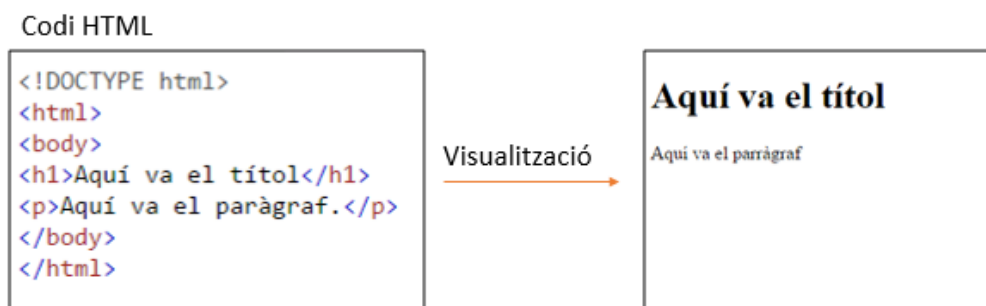


Figura 7.2 Exemple HTML

7.2.3. Cascading Stylesheets (CSS)

La programació **CSS[1]** és un llenguatge per definir i crear la presentació d'un document; es fa servir en moltes aplicacions web per a fer visualment atractives les pàgines.

El llenguatge CSS crea un esquema de prioritats per forjar les normes d'estil que s'aplicaran sobre els elements. Aquestes normes estan regides per un sistema anomenat *en cascada*. Igual que HTML, el llenguatge CSS és portat pel World Wide Web Consortium (W3C), aquest fet provoca que sigui el que es fa servir en la majoria dels navegadors actuals.

CSS té com objectiu principal diferenciar el contingut del document i les normes que regiran

la seva presentació, com són els colors, fonts o capes. Aquesta separació vol dotar el document de més flexibilitat i control sobre les especificacions de característiques de la presentació. Això permet que diferents documents *HTML* tinguin el mateix full d'estil *CSS*, disminuint així la complexitat i longitud del codi en l'estructura del text.

A continuació, en la figura 7.3, es mostra com afecta el llenguatge *CSS* al document *HTML* de l'apartat anterior, el codi *CSS* s'inclou en la secció que marca l'etiqueta `<style>`:

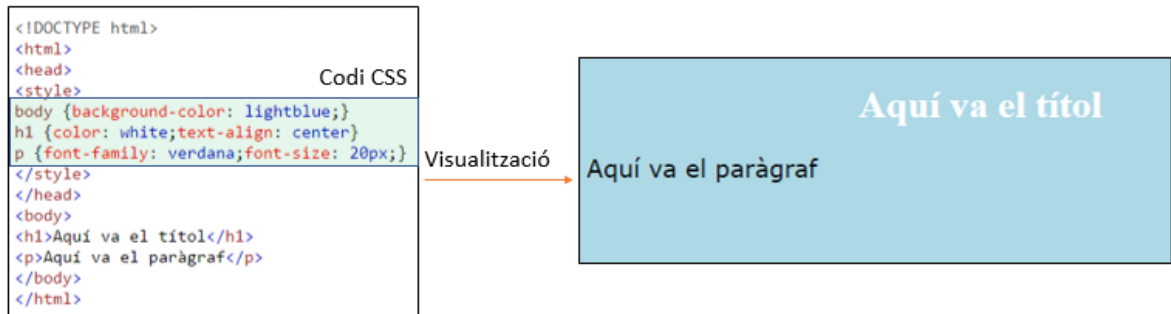


Figura 7.3 Exemple CSS

7.2.4. JavaScript

JavaScript[1] és un llenguatge de programació dinàmic, serveix per reduir el temps d'execució d'un algoritme mitjançant l'optimització de problemes que poden ser simplificats i seqüencialitzats .

L'aplicació més comú de JavaScripts és la creació de funcions que són incloses en pàgines *HTML* i que fan possible que l'usuari interactuï, com serien l'aparició d'animacions en els elements de la pàgina, la càrrega de nous continguts o la transmissió d'informació.

El codi JavaScript pot detectar accions dels usuaris que *HTML* no pot, com serien pulsacions del teclat o ratolí. Això fa que el llenguatge de la interacció amb l'usuari estigui escrit amb JavaScript, que envia les peticions al servidor per a què es realitzin les accions que l'usuari desitja.

La figura que apareix a continuació és la funció de JavaScript per tornar a la pàgina anterior, que s'ha fet visualitzar escrivint al botó la frase "Tornar enrere".

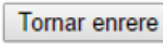
`<button onclick="javascript:history.go(-1)">Tornar enrere</button>` Visualització 

Figura 7.4 Exemple JavaScript

7.2.5. Flask

Flask[3] és un *micro framework* escrit en python:

- Un framework és un servidor que el que fa és aportar una estructura on encaixar tots els codis anteriorment descrits.
- S'anomena micro perquè no requereix cap tipus d'eines ni llibreries.

Es va crear amb l'objectiu de proporcionar el mínim necessari per poder posar en funcionament una web, per tant, és idoni per fer prototips d'aplicacions ràpidament.

8. Disseny de l'aplicació

8.1. Interfície

Per tal de poder definir l'estructura que tindrà l'aplicació és important definir un prototipus de la interfície per tal de poder arribar al resultat final.

Per complir les funcionalitats definides al capítol 5 es necessitaran les següents varietats de pàgines:

- Pàgines amb l'enunciat dels exercicis.
- Pàgines de comunicació de resultats.
- Pàgina principal o d'entrada.

Per poder accedir des de la pàgina principal o d'entrada cap a les pàgines amb els enunciats cal un menú múltiple que permeti accedir als diferents exercicis.

8.1.1. Pàgina amb l'enunciat de l'exercici

Les funcions d'aquesta pàgina són comunicar l'enunciat, que els estudiants introdueixin les seves respostes i enviar-les al corrector per a què siguin avaluades.

Per realitzar-ho cal que hi hagi els següents elements interactius amb l'usuari a la pàgina (figura 8.1):

- Introduir valors.
- Botó per enviar les respostes.
- Menú per poder accedir als altres exercicis.

Inici
Exercici

Gestió d'estocs

TREBAN S.A per a la fabricació dels seus productes necessita diferents tipus de cargols. Recentment, s'ha rebut una oferta del proveïdor de cargols en els que els subministraria amb les següents condicions:

Els cargols es venen en caixes de unitats i el preu de cada cargol és de euros.

Ara bé, si es compren en una comanda de caixes s'efectuarà un descompte del . I si la comanda supera les caixes el descompte serà del .

El termini de lliurament és de setmanes.

Per als cargols es fan servir unitats cada setmana. L'empresa treballa 50 setmanes a l'any.

TREBAN SA sap que tenir els cargols en estoc li suposa un interès del anual sobre el cost d'adquisició. El cost fix de cada comanda és de euros.

a) Quina seria la mida òptima de lot si acceptés l'oferta del possible nou proveïdor?

caixes

b) Quin seria el cost total per la gestió d'estocs d'aquest component? I el cost unitari a imputar al component? I el seu cost total?

Cost gestió d'estocs: €

Cost total: €

Cost unitari: €

c) Quin seria el punt de comanda?

unitats

Enviar

Figura 8.1 Exemple pàgina exercici

8.1.2. Pàgina de notificació de resultats

Aquesta pàgina no tindrà una gran interacció amb l'usuari. Servirà per a consultar els resultats i tornar enrere un cop informats els usuaris.

L'element de la pàgina d'interacció amb l'usuari ha de ser (figura 8.2):

- Botó per tornar a la pàgina anterior.

Resultats exercici de Gestió d'Estocs

Mida lot òptima: 25000 unitats

Cost total: 6093835.0 €

Cost unitari: 87.05478571428571 €

Cost de gestió: 108834.99999999999 €

Punt de comanda: 2800.0 unitats

Nota de l'exercici 0.0

Torna a l'exercici

Figura 8.2 Exemple pàgina notificació de resultats.

8.1.3. Pàgina d'entrada

L'única funció que té aquesta pàgina és ser l'entrada al conjunt de l'aplicació a través de la pàgina web, per a què els usuaris no entrin directament a un exercici en concret.

L'element de la pàgina que permeti interacció amb l'usuari és:

- Menú per poder accedir als exercicis.

8.1.4. Llenguatge de programació utilitzat

Per realitzar la interfície es fa servir la programació HTML complementada amb el full d'estil CSS i per interactuar amb l'usuari s'usa JavaScript. S'escull aquesta programació pels següents motius:

- Són codis senzills i molt intuïtius que permeten realitzar webs simples a persones sense un gran coneixement previ d'aquests llenguatges, com és el cas.
- Són llenguatges utilitzats per la majoria de navegadors, el que permet utilitzar codi d'altres pàgines fàcilment.
- A la **web w3schools [1]** s'expliquen els seus principis bàsics de forma molt didàctica i amb molts exemples, i això facilita l'autoaprenentatge. A més a més, allà es disposa d'un full d'estil [<https://www.w3schools.com/w3css/4/w3.css>] que facilita molt la programació en aquest aspecte.

Analitzant els elements interactius definits a les pàgines anteriors; es ratifica que l'opció escollida és la correcta ja que *HTML* té l'etiqueta "<input>" per introduir valors, i *JavaScript* té la funció "history.go(-1)" per tornar enrere.

8.2. Programes a implementar

Possiblement el desenvolupament d'algorismes és el bloc on més fàcil és identificar el que es necessita. Si es vol corregir un exercici, cal un programa que calculi la resposta correcta i un altre que compari la resposta correcta amb la dels estudiants per identificar quines són bones i quines no.

Per crear aquest programes s'ha decidit fer servir la programació en *python* pels següents motius:

- Es tenen coneixements previs, ja que entra en el temari de les assignatures de Fonaments d'Informàtica i Informàtica de l'ETSEIB.
- Fa servir una forma de programació en el llenguatge natural, per tal que sigui més fàcil aprendre'l i utilitzar-lo.
- És fàcil de llegir i es pot programar en un nombre inferior de línies comparat amb altres llenguatges.

8.3. Servidor

Un servidor es una aplicació capaç d'atendre les peticiones de un usuari i tornar una resposta en concordança.

Ara que s'han definit com es faran les pàgines de la web i els programes de càlcul, cal trobar un sistema que els interconnecti i creï una estructura per a la web.

Per triar, s'ha de tenir en compte que no es té coneixement previ de cap software que pugui fer aquesta funció. Per tant, cal trobar una eina de fàcil instal·lació i funcionament, i a més a més, que sigui intuïtiva i de fàcil comprensió.

És important també que es pugui programar en un llenguatge ja conegut, ja que sinó s'hauria d'aprendre un altre llenguatge de programació. Aquest programa que dirigeix el servidor s'anomena controlador.

Flask és idoni ja que només proporciona el mínim necessari per realitzar una pàgina web. I a més a més, al **tutorial de Flask** realitzat per **Miguel Gringberg [3][4]** es facilita una estructura predeterminada. També es idoni perquè la programació que dirigeix el funcionament de l'aplicació es pot programar en *python*.

9. Funcionament de l'aplicació

9.1. Estructura general de funcionament

El funcionament bàsic de l'aplicació es troba gràficament descrit a la figura 9.1 i és el següent:

- L'usuari veu l'exercici (.html i .css), interacciona introduint les respostes (<input>(.html)) i enviant-les.
- Els valors de l'enunciat i les respostes van a parar al controlador del servidor (.py).
- El controlador del servidor envia els valors a l'enunciat i aquest li retorna la solució.
- Del controlador van al corrector que després retorna les notes. (Com els correctors utilitzats són molt simples ni tan sols ha calgut crear un altre document; s'ha incrustat el codi en el mateix programa on està el controlador aprofitant que són del mateix llenguatge).
- El controlador envia les notes a la pàgina que apareix en pantalla amb els resultats (.html i .css) i es crea un fitxer de text on es guarda la mateixa informació que apareix a la pantalla.

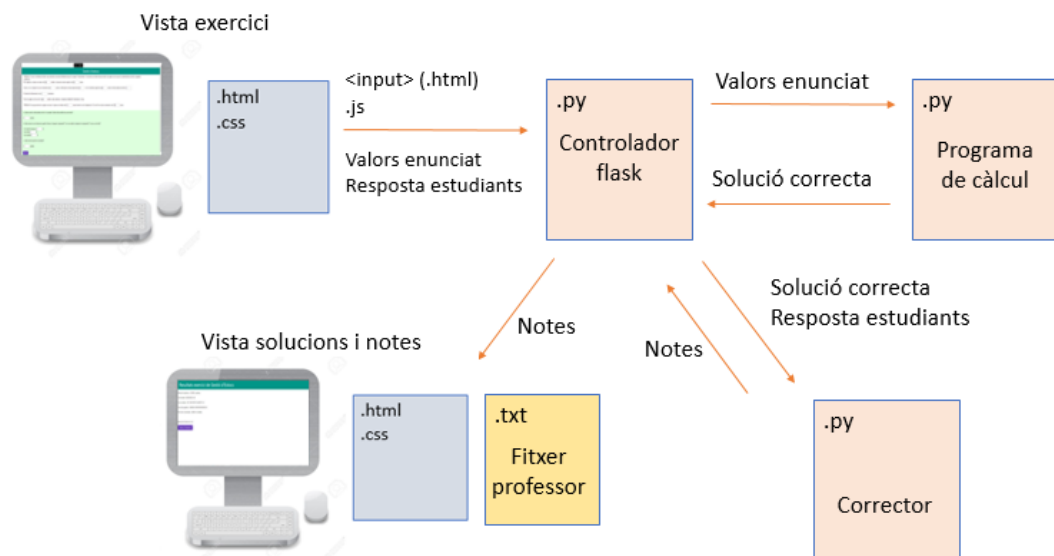


Figura 9.1 Esquema d'estructura del funcionament de l'aplicació

9.2. Estructura de la web

La pàgina web consta de 5 pantalles (figura 9.2):

- Una pàgina d'entrada que dona la benvinguda a l'usuari i on apareix el títol del projecte.
- Hi ha un menú múltiple on es pot escollir entre l'inici i les pàgines amb els exercicis, i per a cada exercici et deixa escollir entre les vuit permutacions que té cada exercici.

Un cop realitzat l'exercici, quan l'estudiant cliqui el botó *Enviar*, apareix una nova pàgina amb les qualificacions de l'exercici. Després, si l'usuari vol tornar i haurà de clicar el botó *Tornar a l'exercici*.



Figura 9.2 Estructura de la web i moviments entre les 5 pantalles

9.3. Implementació de la pàgina web

La implementació de la pàgina web ha estat possible gràcies al servidor *flask* que té la següent estructura:

Tota l'aplicació està inclosa a la carpeta que s'ha anomenat "aplicació" i que s'ha entregat adjunta a la memòria en format *.zip.

A l'interior d'aquesta carpeta es troben:

- La carpeta "flask" i el programa: conté la informació necessària per a què el servidor funcioni, no s'ha modificat en cap moment.
- La carpeta "app": al seu interior estan les pàgines que s'han anat realitzant per construir la pàgina web.
- S'han afegit els fitxers *.txt anomenats "ResultatsEstocs.txt" i "ResultatsMRP.txt". És on el professorat pot consultar les notes de l'últim cop que s'ha realitzat l'exercici.
- El programa "run.py": serveix per posar en marxa la web; tampoc s'ha modificat en cap moment.

La carpeta "app" està dividida en les següents parts:

- El programa "init.py": també serveix per posar en marxa la web i no s'ha modificat en cap moment.
- La carpeta "Scripts": conté els programes de càlcul dels exercicis:
 - "MRP.py" per a l'exercici MRP.
 - "gest.py" per a l'exercici de Gestió d'estocs.
- La carpeta "static": està buida, si podrien afegir imatges per a què apareguin a la web.
- La carpeta "templates": que conté 19 documents .html:
 - Vista de l'enunciat de Gestió d'Estocs: són 8 documents, un per cada permutació (EnunciatGestioEstocs.html, EnunciatGestioEstocs2.html, ...).
 - Vista de l'enunciat del MRP: són 8 documents, un per cada permutació (EnunciatMRP.html, EnunciatMRP2.html, ...).

- Vista de la pàgina d'entrada en el document "mainindex.html".
- Vista dels resultats de l'exercici de Gestió d'Estocs en el document "gest.html".
- Vista dels resultats de l'exercici del MRP en el document "MRP.html".
- El programa "views.py", que és el programa en *python* que controla el servidor flask.

10. Programes

10.1. Programes de càlcul

10.1.1. Programa resolució gestió d'estocs

Per funcionar, el programa de gestió d'estocs necessita 7 variables d'entrada:

- El múltiple de la mida de lot del producte a comprar.
- El cost d'adquisició de cada unitat.
- El termini de lliurament.
- La demanda o consum, amb la condició que aquesta sigui homogènia,
- El cost de possessió del producte com a percentatge del cost d'adquisició.
- El cost de llançament.
- Una llista que contingui les rebaixes que s'ofereixen si es compra una quantitat mínima de producte. Aquest últim punt és opcional, si no hi ha rebaixes s'ha d'indicar entregant una llista buida.

El programa consta de les següents etapes:

- Primerament, es calcula la mida òptima per comanda amb l'equació de Harris-Wilson (línia 3).
- Seguidament s'introdueix la condició sobre els múltiples de la mida de lot introduïda com entrada (línies 4-9).
- Amb aquesta quantitat es calcula el cost total del producte i el cost de gestió (línies 10 i 11).
- Després es calcula el mateix per a cada tram de l'oferta introduïda a la llistes de rebaixes (línies 13-24).

- Posteriorment es tria el cost total més baix com a millor oferta (línies 28-33).
- Un cop triada la millor de les opcions es calcula el punt de comanda (línia 34).

El programa té com a sortida la mida de comanda òptima, el cost total anual, el cost de gestió anual, el cost unitari i el punt de comanda del producte.

```

1  import math
2  def gest_estocs(Q,CA,ofertes,T,C,i,CL):
3      Q1=math.sqrt((float(2)*CL*C*50)/(i*CA))
4      ar1=int(Q1/Q)*Q
5      ar2=int((Q1/Q)+1)*Q
6      if Q1-ar1<=abs(Q1-ar2):
7          Qf1=ar1
8      else:
9          Qf1=ar2
10     K1=CL*(C*float(50)/Qf1)+CA*C*50+i*CA*(Qf1/2)
11     KG1=CL*(C*float(50)/Qf1)+i*CA*(Qf1/2)
12     i_costos=[[Qf1,K1,KG1]]
13     for oferta in ofertes:
14         Q2=math.sqrt((float(2)*CL*C*50)/(i*CA*(1-oferta[0])))
15         ar3=int(Q2/Q)*Q
16         ar4=int((Q2/Q)+1)*Q
17         if Q2-ar3<=abs(Q2-ar4):
18             Qf2=ar3
19         else:
20             Qf2=ar4
21         if Qf2<=(oferta[1]*Q):
22             Qf2=(oferta[1]*Q)
23         K2=CL*(C*float(50)/Qf2)+(1-oferta[0])*CA*C*50+i*CA*(1-oferta[0])*(Qf2/2)
24         KG2=CL*(C*float(50)/Qf2)+i*CA*(1-oferta[0])*(Qf2/2)
25         i_costos.append([Qf2,K2,KG2])
26     mnk=float('inf')
27     Qopt=0
28     for a in i_costos:
29         if a[1]<=mnk:
30             mnk=a[1]
31             Qfopt=a[0]
32             cost_u=mnk/(C*50)
33             KGopt=a[2]
34     S=50*C*T*(1/50)
35     return(Qfopt,mnk,cost_u,KGopt,S)
--

```

Figura 10.1 Programa de càlcul per a la gestió d'estocs

10.1.2. Programa resolució MRP

L'algorisme de càlcul del *Material Requirements Planning* creat amb llenguatge *python* funciona de la següent manera:

Cal introduir-hi 5 variables que responen a 5 tipus d'informació necessària:

1. La primera d'aquestes és la llista de materials. Es tracta d'una llista que conté la informació sobre quins són els materials que es volen fabricar i/o aprovisionar, s'han d'introduir tot els materials indicant quins són subproductes de cadascun. Això es fa amb una subllista on s'indica el codi del subproducte i la quantitat d'aquest.

Per exemple, la següent llista en format *python* dona informació de 4 materials: el primer i el segon són productes amb sortida exterior, que es fabriquen a partir del tercer i quart material. El primer esta format per 1 unitat del tercer i 1 unitat del quart, i el segon esta format per 1 unitat del tercer i 2 unitats del quart. Els materials que ja no tenen més productes inferiors s'indiquen amb un llista formada per zeros [0,0]. Sota la llista es troba una taula amb el format habitual (article contingut i quantitat que inclou per unitat).

```
[[1, [[3, 1], [4, 1]]], [2, [[3, 1], [4, 2]]], [3, [[0, 0]]], [4, [[0, 0]]]]
```

Taula 10.1. Llista de materials. Exemple MRP

Producte	Subproductes			
	Referència	Quantitat	Referència	Quantitat
1	3	1	4	1
2	3	1	4	2
3	*	*	*	*
4	*	*	*	*

2. La segona variable indica la demanda exterior dels productes. Es poden introduir tant els productes finals com qualsevol dels altres que es venguin com a recanvi. Seguint amb l'exemple anterior, en aquest cas el tercer material es vendria també com a recanvi (la taula 10.2 mostra la informació de la demanda).

```
[[1, [160, 210, 290, 245, 300, 180]], [2, [180, 190, 240, 90, 160, 200]], [3, [0,100,0,150,0,0]]]
```


Taula 10.2. Demanda exterior. Exemple MRP

Producte	Setmana 1	Setmana 2	Setmana 3	Setmana 4	Setmana 5	Setmana 6
1	160	210	290	245	300	180
2	180	290	240	90	160	200
3	0	100	0	150	0	0

3. La tercera variable són els paràmetres d'inventari de cadascun dels productes. El primer valor de la llista indica la mida del lot; el segon indica el termini de lliurament del material (en setmanes); el tercer és l'estoc inicial (és a dir, al començament de l'horitzó de planificació) i el quart marca l'estoc de seguretat per prevenir ruptures d'estoc. En la taula 10.3 es mostren aquestes dades de forma més fàcil d'entendre.

[[1, [25,1,35,0]], [2,[25,1,55,0]], [3,[5,1,20,0]], [4,[5,1,10,0]]]

Taula 10.3. Situació de l'inventari. Exemple MRP

Producte	Múltiple de lot	Termini lliurament (setmanes)	Estoc inicial	Estoc de seguretat
1	25	1	35	0
2	25	1	55	0
3	5	1	20	0
4	5	1	10	0

4. La quarta variable són les quantitats pendents de rebre de cada article en les següents setmanes de l'horitzó de planificació (novament es complementa amb la taula 10.4):

[[1,[150,0,0,0,0,0]], [2,[200,0,0,0,0,0]], [3,[200,0,125,0,0,0]], [4,[150,0,0,160,0,0]]]

Taula 10.4. Comandes pendents de rebre o fabricar. Exemple MRP

Producte	Setmana 1	Setmana 2	Setmana 3	Setmana 4	Setmana 5	Setmana 6
1	150	0	0	0	0	0
2	200	0	0	0	0	0
3	200	0	125	0	0	0
4	150	0	0	160	0	0

5. L'última variable indica els articles que es s'han de fabricar i el temps que es tarda en fer una unitat dels articles fabricats (en minuts) i això està en la segona columna de la taula 10.5, que conté tantes files com articles es fabriquen.

[[1,5],[2,4]]

Taula 10.5. Temps unitari de fabricació. Exemple MRP

Producte	Temps fabricació (minuts)
1	5
2	4

Un cop entrada tota la informació, el programa fa el següent:

Primer de tot crear una llista, amb una subllista on s'indica el codi del material i una llista buida, servirà per introduir les necessitats brutes (línies 4-6).

Després es fa servir la informació de la demanda exterior per afegir en aquesta llista les necessitats brutes dels materials dels que ja es disposa la informació (línies 7-14).

LLavors el programa agafa un dels productes finals i es fa el càlcul de la seva graella en format MRP (es calcula l'estoc disponible, les necessitats netes, les ordres de recepció i les ordres d'emissió)(línies 8-58).

Això es repeteix per tants productes finals hi hagi (en l'exemple, primer es faria l'article 1 i després el 2. El programa segueix sempre l'ordre amb el que s'han introduït els articles, per tant els articles descendents han d'anar situats en posicions inferiors).

Les ordres d'emissió serveixen per calcular les necessitats brutes dels seus articles descendents. Per als articles que anteriorment ja tenien demanda exterior o ja estaven continguts en altres articles calculats prèviament, es suma els nous valors als ja obtinguts fins llavors, per la resta s'afegeixen per primer cop aquests valors a la llista buida que s'ha creat a l'inici del programa (línies 8-58).

Finalment, el programa calcula les hores de treball que caldrà per produir tot el que es fabrica (línies 61-65).

El programa retorna el pla de comandes per a tots els articles i les hores necessàries per produir-los.

```

1  def MRP(BOM,inventari,nas_brutes,pendent,muntatge):
2      totbrutes=[]
3      cont=1
4      for material in BOM:
5          totbrutes.append([cont,[]])
6          cont=cont+1
7      for w in nas_brutes:
8          ct=0
9          for valor in w[1]:
10             if len(totbrutes[w[0]-1][1])>=len(nas_brutes[0][1]):
11                 totbrutes[w[0]-1][1][ct]=totbrutes[w[0]-1][1][ct]+valor
12                 ct=ct+1
13             else:
14                 totbrutes[w[0]-1][1].append(valor)
15      ig=0
16      total=[]
17      for par in inventari:
18          recepcio=[]
19          emissio=[]
20          estoc=[]
21          nes_netes=[]
22          so=par[1][2]-par[1][3]
23          estoc_semana0=so
24          i=0
25          for a in totbrutes[ig][1]:
26              netes=0
27              if totbrutes[ig][1][i]-so-pendent[ig][1][i]>=0:
28                  netes=totbrutes[ig][1][i]-so-pendent[ig][1][i]
29                  nes_netes.append(netes)
30                  if netes%par[1][0]==0:
31                      r=int(netes/par[1][0])*par[1][0]
32                  else:
33                      r=(int(netes/par[1][0])+1)*par[1][0]
34                  recepcio.append(r)
35                  emissio.append(r)
36                  so=r-netes
37                  estoc.append(so)
38                  netes=0
39              else:
40                  nes_netes.append(netes)
41                  recepcio.append(0)
42                  emissio.append(0)
43                  so=so+pendent[ig][1][i]-totbrutes[ig][1][i]
44                  estoc.append(so)
45              i=i+1
46          for semana in range(par[1][1]):
47              emissio.pop(0)
48              emissio.append(0)
49          total.append([estoc_semana0,estoc,nas_netes,recepcio,emissio])
50          for material in BOM[ig][1]:
51              if material[1] != 0:
52                  cn=0
53                  for nes in total[ig][4]:
54                      if len(totbrutes[material[0]-1][1])>=len(total[ig][4]):
55                          totbrutes[material[0]-1][1][cn]=totbrutes[material[0]-1][1][cn]+nes*material[1]
56                          cn=cn+1
57                      else:
58                          totbrutes[material[0]-1][1].append(nes*material[1])
59          ig=ig+1
60      temps=0
61      for mat in muntatge:
62          la=sum(totbrutes[mat[0]-1][1])
63          l=la*mat[1]
64          temps=temps+ l
65      temps=temps/60
66      print(totbrutes)
67      return (total,temps)

```

Figura 10.2. Programa de càlcul de l'MRP

10.2. Programes de correcció

10.2.1. Programa de correcció per a la gestió d'estocs

La correcció dels exercicis es fa seguint una metodologia molt simple: es comparen les respostes donades pel grup d'estudiants amb les respostes correctes calculades pel programa de càlcul corresponent de cada exercici (línies 508-517).

En l'exercici de gestió d'estocs, al demanar als estudiants un nombre reduït de respostes, és possible comparar cadascuna de les respostes donades amb les correctes. A la solució correcta s'hi introdueix una tolerància (inicialment d'un 1%) superior i inferior (línies 498-507), ja que en aquest exercici, hi ha resultats que poden contenir decimals. Si es compara directament el valor calculat pel programa i l'introduït per estudiants, hi hauria una gran probabilitat que molts resultats es comptessin com erronis.

Per exemple, si la resposta correcta és 4502 € i els estudiants introdueixen 4504 €, sense la tolerància es donaria la resposta per incorrecta; amb la tolerància, s'evita aquest problema.

Per calcular la nota es fa servir una relació directament proporcional amb les respostes correctes, és a dir, es divideix el nombre de respostes correctes entre les totals.

En la figura 10.3 es mostra el programa.

```

497     correcte=0
498     Qf_baix=Qf-Qf*0.01
499     Qf_alt=Qf+Qf*0.01
500     cost_u_baix=cost_u-cost_u*0.01
501     cost_u_alt=cost_u+cost_u*0.01
502     kg_baix=kg-kg*0.01
503     kg_alt=kg+kg*0.01
504     S_baix=S-S*0.01
505     S_alt=S+S*0.01
506     mnk_alt=mnk+mnk*0.01
507     mnk_baix=mnk-mnk*0.01
508     if Qf_baix<=int(rQf)<=Qf_alt:
509         correcte=correcte+1
510     if cost_u_baix<=float(rcost_u)<=cost_u_alt:
511         correcte=correcte+1
512     if kg_baix<=int(rKg)<=kg_alt:
513         correcte=correcte+1
514     if S_baix<=int(rS)<=S_alt:
515         correcte=correcte+1
516     if mnk_baix<=float(rmnk)<=mnk_alt:
517         correcte=correcte+1
518     nota=(correcte/5)*10

```

Figura 10.3 Programa de correcció de l'exercici per a gestió d'estocs

10.2.2. Programa de correcció de l'MRP

En el cas de l'exercici de *Material Requirements Planning* (MRP), no té tant sentit programar la correcció de tots els valors un per un, ja que poden ser molts (si la llista d'articles és gaire llarga). En l'exercici que haurà de realitzar el grup d'estudiants són més de 150 valors a comparar. Per tant, el que s'ha fet és crear una llista de llistes amb tots els valors dels estudiants, i ordenar-los amb la mateixa seqüència amb què el programa de l'exercici retorna les respostes.

Llavors, per evitar escriure codi innecessari es crea un petit programa que va agafant els valors de la mateixa posició d'una i altra llista i comprova si són iguals o diferents per a la correcció. La nota, com en l'exercici anterior, també és directament proporcional a les respostes correctes introduïdes pels estudiants.

En aquest cas no és necessari una tolerància al moment de corregir, ja que com les respostes han de ser múltiples de la mida dels lots o nombres enters, si el valor introduït no és exactament el mateix ja es pot considerar que la resposta és errònia.

En la figura 10.4 es mostra el programa.

```
420     correcte=0
421     for i in [0,1,2,3,4,5,6,7]:
422         if rsp[i][0]==tot[i][0]:
423             correcte=correcte+1
424     material=0
425     concepte=1
426     nombre=0
427     total=0
428     for producte in rsp:
429         for cosa in producte[1:]:
430             for resposta in cosa:
431                 total=total+1
432                 if resposta==tot[material][concepte][nombre]:
433                     correcte=correcte+1
434                 if nombre>=5:
435                     nombre=0
436                     concepte=concepte+1
437                     break
438                 nombre=nombre+1
439             if concepte>=5:
440                 concepte=1
441                 material=material+1
442                 break
443     nota=(correcte/total)*10
```

Figura 10.4 Programa de correcció de l'exercici de l'MRP

11. Treball pràctic

11.1. Pautes del treball

En l'aplicació ja completa (no com ara que només conté una part) les pautes que hauran de seguir els estudiants seran les següents:

Els alumnes, per a poder realitzar el treball, hauran de formar equips. Aquest equips competiran entre ells per a donar la major quantitat de beneficis a l'empresa TREBAN S.A.

Per fer-ho caldrà que apliquin les metodologies de l'assignatura d'organització i gestió per tal de prendre les millors decisions. Si realitzen malament els càlculs, l'empresa tindrà menys beneficis, ja sigui per no prendre les decisions adequades o per costos d'auditoria per detectar i corregir aquests errors.

Durant el desenvolupament de les diverses etapes del treball, l'empresa anirà acumulant beneficis o pèrdues. El còmput final serà el que marcarà la nota del treball, el grup que hagi acumulat més beneficis tindrà la millor nota i el que n'hagi guanyat menys o perdut més serà el tingui la pitjor.

Amb l'objectiu de que tots els membres de l'equip participin de forma igual en la realització del treball, a cada component del grup se'l farà responsable d'un departament de l'empresa i serà aquest alumne el que hagi d'introduir les decisions preses pel grup en aquell àmbit en el qual un estudiant en concret sigui el responsable.

Ara bé, a la fi d'aquest treball l'aplicació només corregeix les respostes que se li envien sense reconèixer qui és l'usuari.

11.2. Enunciats proposats

11.2.1. Gestió d'estocs

En l'àmbit de la gestió d'estocs, es proposa als grups el següent enunciat:

TREBAN.S.A per a la fabricació dels seus productes necessita diferents tipus de cargols. Recentment, s'ha rebut una oferta d'un proveïdor de cargols que els subministraria amb les següents condicions:

*Els cargols es venen en caixes de **Q** unitats i el preu de cada cargol és de **CA** euros.*

*Ara bé, si es compren en una comanda **O1** caixes s'efectuarà un descompte del **5%**. I si la comanda supera les **O2** caixes el descompte serà del **10%**.*

*El termini de lliurament és de **T** setmanes.*

*Es fan servir **C** cargols cada setmana. L'empresa treballa 50 setmanes a l'any.*

*TREBAN SA sap que tenir els cargols en estoc li suposa un **interès** anual sobre el cost d'adquisició. El cost fix en que s'incorre cada vegada que es fa una comanda és de **CL** euros.*

- a) Quina seria la mida òptima de lot a fer al proveïdor?*
- b) Quin seria el cost total per a la gestió d'estocs d'aquest component? I el cost unitari a imputar al component? I el seu cost total?*
- c) Quin seria el punt de comanda?*

Hi ha un enunciat estàndard per a tots els equips, amb l'objectiu que tots els grups hagin de resoldre un problema de la mateixa dificultat. Els valor marcats en negreta són variables per a que cada equip realitzi els càlculs de forma independent.

Com es pot apreciar a l'enunciat, els estudiants han de trobar:

- La mida òptima del lot per a l'oferta del proveïdor.
- El cost total, de gestió, d'adquisició i unitari dels cargols.

- El punt de comanda

11.2.2. MRP

Dins de l'àmbit de planificació de necessitats, l'enunciat proposat és el següent:

TREBAN S.A fabrica dos productes (P1 i P2) que ha de planificar per tal de poder satisfer les comandes compromeses amb els seus clients. Els dos productes són semblants i només es diferencien pel tipus de cargol que inclouen. El cargol de P1 és d'un tipus (C1) i el del P2 d'un altre (C2). Tant C1 com C2 es venen també com a recanvis. A més a més, cada producte està format també per 1 unitat d'F i 2 unitats de B. I a la vegada F consta d'1 unitat d'FA i 0,75 unitats d'FB.

En la següent taula 11.1 es mostren els paràmetres necessaris per a poder gestionar les compres i les fabricacions corresponents. La primera columna indica el codi de l'article; la segona, el termini de lliurament (en setmanes); la tercera, la mida de lot; la quarta, l'estoc seguretat i la cinquena, l'estoc inicial al magatzem.

Taula 11.1. Paràmetres exercici Planificació de Necessitats

Codi	Temps Lliurament (setmanes)	Lot	SS	SI
P1	1	25	0	35
P2	1	25	0	55
C1	1	5	0	20
C2	1	5	0	10
B	2	100	0	150
F	1	5	5	20
FA	1	25	25	50
FB	0	100	50	135

Les comandes previstes que hi ha previst satisfer les properes 6 setmanes són les següents (taula 11.2):

Taula 11.2. Comandes exercici Planificació de Necessitats

Codi	Setmana 1	Setmana 2	Setmana 3	Setmana 4	Setmana 5	Setmana 6
P1	160	210	290	245	300	180
P2	180	190	240	90	160	200
C1	0	25	65	0	10	0
C2	55	0	40	0	0	0

I les recepcions previstes són les següents (taula 11.3):

Taula 11.3. Unitats pendent de rebre exercici Planificació de Necessitats

Codi	Setmana 1	Setmana 2	Setmana 3	Setmana 4	Setmana 5	Setmana 6
P1	150	0	0	0	0	0
P2	200	0	0	0	0	0
C1	200	0	125	0	0	0
C2	0	0	0	160	0	0
B	0	0	0	0	0	0
F	700	0	0	0	0	0
FA	100	0	0	0	0	0
FB	500	0	0	0	0	0

La fabricació d'F requereix 10 minuts de feina i el muntatge de P1 i P2 dura 15 minuts cadascun.

Completa les taules que apareixen a continuació:

(A la web apareixen 8 taules com la taula 11.4, una per a cada article. Els estudiants han de respondre als espais indicats amb una "x").

Taula 11.4. Taula per introduir respostes.

P1	SI	Set. 1	Set. 2	Set. 3	Set. 4	Set. 5	Set.6
Necessitats brutes		x	x	x	x	x	x
Estoc disponible	x	x	x	x	x	x	x
Necessitats brutes		x	x	x	x	x	x
Ordres (recepció)		x	x	x	x	x	x
Ordres (emissió)		x	x	x	x	x	x

Quantes hores són necessàries per poder complir les comandes de fabricació planificades?

Igual que en l'exercici anterior, tots els valors en negreta són variables en funció del grup.

Com es pot veure, a l'exercici es demana omplir les taules de l'MRP dels 8 articles i trobar el temps que serà necessari per produir el que es necessita per a les comandes planificades.

11.2.3. Generació de valors per a cada permutació

Com s'ha esmentat en les pàgines anteriors, els valors marcats en negreta són variables, ara bé, no són aleatoris. L'objectiu inicial és marcar per a cada valor un rang de valors lògics conceptualment, i quan entrí l'usuari, que es mostri un d'ells, donant una enorme diversitat d'enunciats (de manera que mai cap grup tingui el mateix problema numèric, però a la vegada, tenint tots la mateixa dificultat).

Ara bé, com les dades no es poden guardar perquè no es disposa d'una base de dades, cada enunciat s'ha de crear individualment en un fitxer HTML diferent. Finalment, les dades variables dels diferents grups s'han fixat manualment però amb la mateixa filosofia, valors lògics que donin resultats lògics i amb nivell de dificultat i temps de dedicació idèntics per a totes les permutacions, concretament 8 per a cada exercici.

11.2.4. Notificació dels resultats als estudiants i als professors

L'aplicació en cas d'estar ja completa, no com ara que només conté una part, donaria un marge de temps als equips d'estudiants per respondre, i en introduir els resultats els guardaria fins que finalitzés el termini i llavors en un altre apartat de la web es publicarien els resultats dels grups. Com no s'ha pogut crear una base de dades, aquest funcionament no ha estat possible, però queda plantejat per a què es desenvolupi en posteriors projectes.

Com a conseqüència de tot això explicat anteriorment, calia trobar un mètode alternatiu per a la notificació dels resultats. El primer de tot és determinar a qui s'ha de donar la nota de l'exercici.

Als estudiants, en el moment d'enviar les seves respostes se'ls dirigeix a una pàgina on se'ls comuniquen els seus resultats.

Per simular la notificació de les respostes al professor, ja que realment en aquesta versió l'aplicació encara no es pot posar en pràctica, es crea automàticament un fitxer de text amb la mateixa informació es facilita al grup d'estudiants. Com no es pot guardar qui fa l'exercici no té sentit acumular fitxers amb resultats que no es pot saber de qui són. Així, només hi ha un fitxer amb els resultats de l'últim cop que s'ha realitzat l'exercici. Quan es fa l'exercici de nou, s'esborra la informació de l'anterior i es substitueix per la nova.

12. Planificació i costos

12.1. Cronologia del projecte

Per a realitzar aquest treball s'han seguit un conjunt de 6 fases:

- Definició de la funcionalitat de l'aplicació.
- Selecció del temari a avaluar.
- Elecció de les eines per realitzar l'aplicació.
- Creació dels algorismes de càlcul.
- Creació de la interfície.

La setena activitat considerada en el projecte ha estat la redacció de la memòria.

A continuació es presenta un diagrama de Gantt (figura 12.1) que les divideix temporalment. La durada ha estat d'uns 5 mesos, és a dir, 20 setmanes.

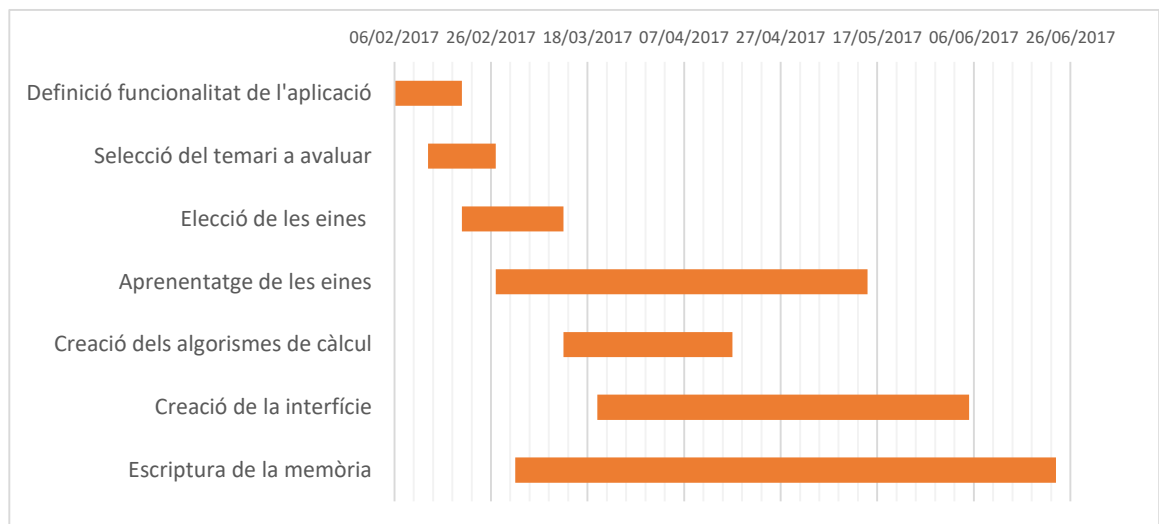


Figura 12.1 Diagrama de Gantt de les fases del projecte

12.2. Costos del projecte

En aquest apartat es detallen quins costos ha aquest projecte i com s'ha aproximat el seu valor. Finalment, es troba el cost total del projecte..

12.2.1. Registre del domini web

Un domini d'Internet és un nom que identifica una pàgina web a Internet. Per tenir un domini és necessari registrar-lo, el procediment que cal seguir és el següent:

La primera cosa de tot és verificar la disponibilitat del domini desitjat en el registrador que es vulgui. Un registrador de dominis és una empresa que ven dominis a canvi d'una quota anual, per exemple, la possessió d'un domini .com pot costar **10 euros anuals [19]**.

12.2.2. Cost energètic de la creació de la web

Per a calcular el cost de l'energia elèctrica utilitzada durant la creació de la web s'ha fet servir el preu mitjà de l'any **2016, 39,67 €/MWh [20]**.

Taula 12.1.Càlculs cost de l'energia

Element de consum	Potència dels elements [W]	Temps de consum [h]	Consum d'energia [MWh]	Cost de l'energia [€]
Ordinador	250	300	0,075	2,97
Il·luminació	100	300	0,03	1,19
Cost total de l'energia [€]				4,16

12.2.3. Cost del capital humà

En el cost d'un projecte, és destacable el temps empleat per les persones que desenvolupen el projecte.

A l'hora de valorar el cost de capital humà dedicat a l'elaboració d'aquest treball s'han emprat els següents valors:

- Es considera un sou d'enginyer industrial de 35 €/hora.
- Es considera un sou pel tutor de 50 €/hora.

A continuació, a la taula 12.2, es calcula el cost de recursos humans en funció de les hores emprades a cada fase del projecte

Taula 12.2 Taula resum del cost de recursos humans

Concepte	Cost [€/hora]	Hores emprades	Preu total [€]
Definició funcionalitat de l'aplicació	35	10	350
Selecció del temari a avaluar	35	5	175
Elecció de les eines per a la creació	35	10	350
Aprenentatge de les eines	35	80	2.800
Creació del algorismes de càlcul	35	50	1.750
Creació de la interfície	35	100	3.500
Esriptura de la memòria	35	50	1.750
Hores dedicades pels tutors	50	25	1.250
Cost recursos humans			11.925

El cost de recursos humans és de 11.925€.

12.2.4. Altres costos

Per a fer la suma del cost global del projecte també s'ha tingut en compte el els costos d'amortització de l'ordinador. Si es considera que l'ordinador s'amortitza en 5 anys i aquest projecte dura 20 setmanes (4,6 mesos), això seria un 38,33% d'un any. Per tant:

$$\frac{750 \text{ €}}{5 \text{ anys}} = \frac{150 \text{ €}}{1 \text{ any}}$$

$$\frac{0,38833 * 150 \text{ €}}{1 \text{ any}} = 57,50 \text{ €}$$

Finalment, tot el software utilitzat per a crear la pàgina web és gratuït

12.2.5. Cost final del projecte

En aquest apartat es presenta una taula resum del cost del projecte i se li afegeix l'IVA.

Taula 12.3. Taula resum del cost del projecte

Concepte	Preu total [€]
Cost recursos humans	11.925
Ordinador	57,5
Energia utilitzada	4,16
Registre del domini web	10
Preu final	11.997
IVA (21%)	2.519
Preu final + IVA	14.516

El preu final del projecte és aproximadament de **14.516 €**.

13. Impacte Ambiental

Tot projecte té un impacte ambiental, menor o major. En aquest apartat s'analitzaran els recursos utilitzats per a la realització d'aquest projecte i els recursos consumits per l'usuari.

L'ús de paper ha estat quasi inexistent i, quan s'ha utilitzat, sempre ha estat paper reciclat o aprofitant fulls en brut. Per tant, l'impacte ambiental en aquest aspecte es pot suposar negligible.

L'impacte ambiental d'aquest projecte, doncs, queda reduït al consum elèctric de l'ordinador i l'enllumenat utilitzat. Per calcular les emissions associades, cal aplicar un factor d'emissió de CO₂ atribuïble al subministrament elèctric, també anomenat '**mix elèctric**' (**g de CO₂/kWh**) [21]. A Catalunya, l'electricitat que es consumeix i que no és auto generada, prové de la xarxa elèctrica peninsular, sense poder distingir exactament en quina planta de generació elèctrica s'ha produït. Per tant, les dades que s'utilitzen per al càlcul del mix elèctric corresponen a la xarxa elèctrica peninsular.

El mix de producció bruta de la xarxa elèctrica peninsular de 2016 s'estima que era de **308 g de CO₂/kWh** [21], i aquest mateix valor és el que es farà servir per al càlcul d'emissions de CO₂ ja que no s'ha trobat el valor de 2017. En la taula 13.1 es resumeixen els consums i emissions de CO₂ produïdes.

Taula 13.1. Càlculs emissions de CO₂

Element de consum	Potència dels elements [W]	Temps de consum [h]	Consum d'energia [kWh]	Emissions de CO ₂ [kg]
Ordinador	250	300	75	23,1
Il·luminació	100	300	30	9,24
Emissions totals de CO ₂ [kg]				32,34

El total d'emissions de CO₂ degudes al consum d'electricitat al llarg de l'execució del projecte és de 32,34 kg d'aquest gas contaminant.

14. Conclusions i línies futures

L'objectiu inicial plantejat a l'inici era dissenyar una aplicació. Però com també s'ha anat clarificant finalment només hi ha hagut temps per fer-ne una part. Durant l'elaboració d'aquest treball s'han afrontat certes situacions que han afectat al desenvolupament i resultat final del projecte. En aquest apartat s'explica quines són i el seu motiu.

La principal limitació d'aquest treball ha estat la impossibilitat de crear un sistema de base de dades per la seva complexitat i temps necessari per realitzar-la. En aquest projecte s'han posat els fonaments per a què en posteriors treballs es realitzi un sistema de base de dades que faci viable l'aplicació i possibiliti que es pugui realitzar el treball de l'assignatura de manera més eficient.

Cal destacar que els programes de càlcul tenen més versatilitat de la que finalment se'ls ha pogut acabar donant. Per exemple, el programa per resoldre l'MRP és capaç de realitzar-lo per a qualsevol estructura de la llista de materials i durada si s'introdueix la informació necessària.

La idea inicial era que els valors de l'enunciat es generessin de forma aleatòria per a cada grup, que aquest valors es guardessin en la base de dades, es calculessin els resultats al moment i es guardessin també per tal de corregir-los quan els grups introduïssin la resposta. Per tant, la variabilitat d'enunciats podria ser infinita i cobra sentit el programa de càlcul. Finalment, el nombre d'enunciats és limitat i hauria sigut possible trobar individualment la solució de tots ells i guardar la resposta de cadascun per tal corregir-los, en comptes de crear un programa de càlcul. Ara bé, en un futur, quan es continuï amb el desenvolupament d'aquest treball, el programa de càlcul tornarà a cobrar sentit.

No endinsar-se el projecte en la creació d'una base de dades també ha impedit crear un registre on els estudiants es puguin registrar per grups i es guardin els seus resultats.

Un altre dels punts forts que s'han assolit amb el projecte ha estat l'aprenentatge de nous llenguatges de programació, tots els utilitzats excepte el llenguatge en *python*. Aquest fet ha comportat que la programació informàtica hagi hagut d'avançar en paral·lel amb l'adquisició d'aquestes nous coneixements. Cada cop que es volia avançar calia aprendre com realitzar-ho, i sobretot, identificar quin punt del codi calia treballar per tal que la web

funcionés. Tenir coneixements previs sobre un llenguatge permet aprendre a identificar quins són els errors més comuns i resoldre'ls de forma ràpida.

Així doncs, s'ha fet el cos del que seria l'aplicació inicialment pensada i queda pendent per a futurs projectes complementar-la amb elements addicionals, que li donin més versatilitat que la que té actualment.

Agraïments

No podria concloure aquest treball sense abans donar les gràcies als directors d'aquest projecte, el doctor Manel Mateo Doll i el doctor Lluís Solano, els quals han mostrat una accessibilitat absoluta en tot moment i la capacitat de guiar-me pel camí adequat per tal de treure el màxim profit d'aquest treball.

En segon lloc, també voldria agrair als meus familiars i amics que m'han aconsellat quan els he plantejat els meus dubtes i que han tingut la paciència i la visió per donar-me valuosos consells que he pogut aplicar per a la confecció d'aquest document i la realització de l'aplicació.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL DE BARCELONA. [https://etseib.upc.edu/ca, febrer de 2017]
- [2] GRAU EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS. [https://etseib.upc.edu/ca/estudis/graus/grau-en-enginyeria-en-tecnologies-industrials, febrer de 2017]
- [3] PLA D'ESTUDIS. (GETI 2010). [https://etseib.upc.edu/ca/estudis/graus/pla-destudis-geti, febrer de 2017]
- [4] ORGANITZACIÓ I GESTIÓ (2017). 240062 - Organització i Gestió. [https://guiadocent.etseib.upc.edu/guiadocent/profile/default/action/fitxa.php?code=240062&lang=ca°ree=752, febrer 2017]
- [5] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 1. Introducció a la gestió i l'enginyeria d'organització. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.
- [6] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 2. Gestió de projectes singulars. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.
- [7] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 3. El producte i el procés. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.
- [8] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 4. Gestió d'estocs. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.
- [9] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 5. Planificació d'operacions. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.
- [10] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 6. Planificació de necessitats. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.
- [11] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 7. Programació d'operacions. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.

- [12] RÚA C., MATEO M. , IBÁÑEZ J. M. , COVES A. M. (2016). 8. Gestió global en les organitzacions. Barcelona: Departament d'Organització d'Empreses.
- [13] INNOVACIÓ DOCENT DE L'INSTITUT DE CIÈNCIES DE L'EDUCACIÓ UPC [<http://www.upc.edu/innovaciodydocent2012/ca/>, març de 2017]
- [14] TORT-MARTORELL X. (2013). Disseny i implementació d'un cas pràctic d'introducció a l'estadística basat en la presa de decisions realistes sobre dades simulades. [<http://www.upc.edu/innovaciodydocent2012/ca/>, març de 2017]
- [15] RAVENTÓS R. (2013). Aprenentatge actiu dels sistemes d'informació. [<http://www.upc.edu/innovaciodydocent2012/ca/>, març de 2017]
- [16] CHASE R.B., JACOBS F.R. (2009). Administración de operaciones, producción y cadena de suministros. México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- [17] HEIZER J., RENDER B., (2015) Dirección de la producción y de operaciones. Madrid: Pearson.
- [18] COMPANYS R., COROMINAS A. (1995) Organización de la producción II Dirección de operaciones 2. Barcelona: Ediciones UPC
- [19] REGISTROS.COM [<https://www.registros.com/>, 05/05/2017]
- [20] OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía. Informe de precios del año 2016, p. 8. [http://www.omie.es/files/Informe_Precios_ESP_Navegable.pdf, 06/05/2017]
- [21] Guia Pràctica per al Càlcul d'Emissions de Gasos amb Efecte d'Hivernacle (GEH), Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Març de 2017.

Bibliografia complementària

- [1] REFSNES DATA.. W3Schools.com. [<https://www.w3schools.com/>, Març de 2017]
- [2] PYTHON. [<https://www.python.org/>, Març de 2017]
- [3] GRINGBERG, M. The Flask Mega-Tutorial, Part I: Hello, World! [<https://blog.miguelgrinberg.com/post/the-flask-mega-tutorial-part-i-hello-world> Març de 2017]

- [4]** GRINGBERG, M. The Flask Mega-Tutorial, Part II: Templates[<https://blog.miguelgrinberg.com/post/the-flask-mega-tutorial-part-ii-templates>, Març de 2017]